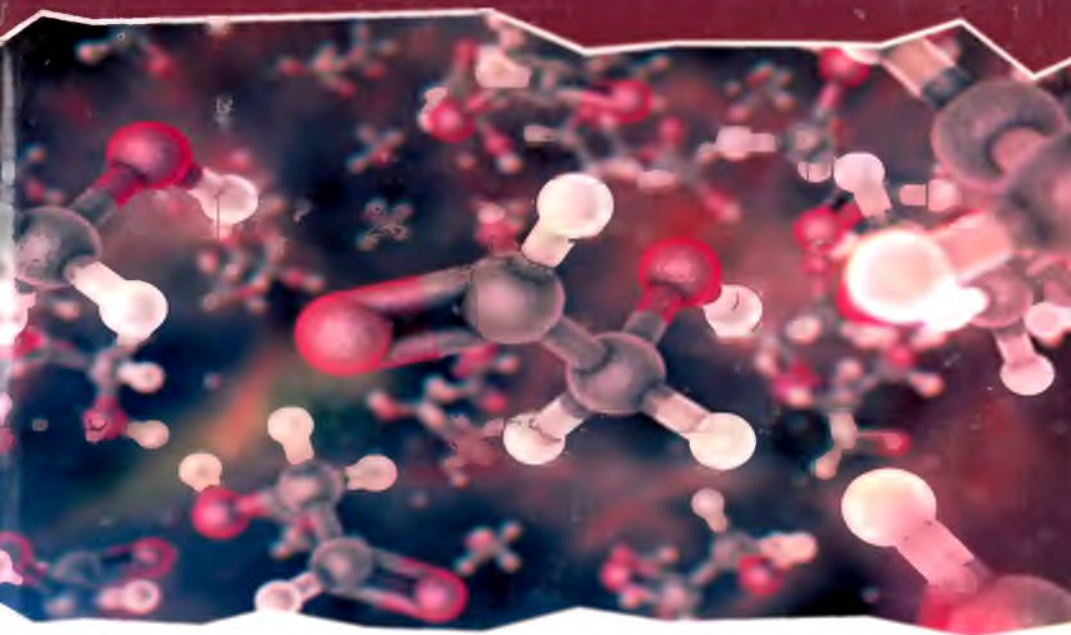


UMIDA ZIYAMUXAMEDOVA



# MATERIALSHUNOSLIK

DARSLIK



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA  
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**U.A. ZIYAMUXAMEDOVA**

**MATERIALSHUNOSLIK**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi tomonidan  
5310100 – Energetika (issiqlik energetikasi) yo‘nalishida ta‘lim olayotgan  
talabalar uchun darslik sifatida tavsiya etilgan*

**TOSHKENT – 2020**

**UO‘K 620.22(075.8)**

**KBK 30.3ya73**

**Z 67**

**Ziyamuxamedova, Umida.**

Materialshunoslik [Matn] : o‘quv qo‘llanma / Umida Ziyamuxamedova. -  
Toshkent : Shafolat Nur Fayz, 2020. - 276 b.

Darslik 5310100 – Energetika (issiqlik energetikasi) yo‘nalishi namunaviy dastur asosida yozilgan bo‘lib, unda metall, nometall, polimer materiallar struktura va xossalari, xususan elektrotexnik materiallardagi fizik hodisalar haqida ma‘lumotlar berilgan. An‘anaviy konstruksion material bilan bir qatorda magnit materiallarga; dielektriklar, yarimo‘tkazgich, o‘tkazgichlar, keramik materiallar, ayniqsa polimer materiallarga ham to‘la xarakteristika berilib, ularning turlari, ishlatilish joylari ko‘rsatilgan. Darslik yakunida mahalliy materiallardan detallar olish texnologiyasini asosiy turlari yoritilgan.

Ushbu darslik 5310100 – “Energetika (issiqlik energetikasi)” yo‘nalishida ta‘lim olayotgan bakalavrlar uchun mo‘ljallangan, oliy ta‘lim muassasalari o‘qituvchilari uchun tavsiya etiladi.

\* \* \*

В учебнике на современном уровне широко изложены основы строения и свойств металлических, неметаллических, полимерных материалов. Даны основы физических свойств электротехнических материалов: электрические, оптические, теплофизические, магнитные. Наряду с традиционными конструкционными материалами приведены характеристики магнитных материалов, диэлектриков, полупроводников, проводников; приведены их классификации, маркировки и применение. В конце описаны основные виды технологии и обработки материалов.

### **Taqrizchilar:**

**A.I. Abidov** – Kumo Milliy Texnologiya Instituti (Janubiy Koreya), PhD, falsafa fanlari doktori;

**Sh.A. Karimov** – Toshkent Davlat texnika universiteti «Materialshunoslik» kafedrasida dotsenti, t.f.n.

**ISBN 978-9943-6740-4-2**

© U.A.Ziyamuxamedova

© «Shafolat Nur Fayz» nashriyoti, 2020.

24804/2

## KIRISH

O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha "Harakatlar strategiyasi" da belgilangan beshta ustuvor yo'nalishning har biri bo'yicha belgilangan vazifalarning ta'lim sohasida muvaffiqiyatli bajarilishi yangicha yondashuvlarni, dunyoning rivojlangan mamlakatlarining ishlab chiqarish sohasidagi zamonaviy texnologiyalarni, fan va ta'lim sohasidagi yangiliklarni qo'llashni taqozo etadi.

Mazkur darslik "Materialshunoslik" fanini o'qitilishidagi yetakchi chet el oliy o'quv yurtlarining tajribalari asosida va xususan ingliz tilida chop etilgan W.Kallister, Jr Devid Djlarning "Material science and engineering" kitobi strukturasi va mazmuniga yetarlicha hamohang tuzilgan.

Materiallar odatda uchta asosiy guruhga bo'linadi. Bular metallar, keramika va polimerlar. Bunday bo'linish moddaning atomlar tarkibi va kimyoviy tuzilishiga asoslanadi. Ko'pgina materiallarni u yoki bu guruhga kiritish mumkin. Bundan tashqari, keltirilgan ikki yoki uchta guruhga taalluqli materiallar tarkibida kompozitlar mavjudligini ham aytib o'tish lozim.

Materiallarning yana bir turi zamonaviy maxsus materiallar (advanced) bo'lib, ular yuqori texnologiyali (high-tech) sohalarda qo'llash uchun yaratiladi bularga yarimo'tkazgichlar, biologik materiallar, nanotexnologiyalarda ishlatiluvchi "aqlli" (smart) material va moddalar kiradi.

Elektr asbob-uskunalarini ishlab chiqarishda injenerlik masalalarini hal qilishda materiallar asosiy zveno hisoblanadi va bu materiallar elektrotexnik materiallar (ETM) deb ataladi.

Kuch qo'yilgan konstruksiyalarni va yordamchi detal va qismlarni yasash uchun ishlatiladigan materiallarga konstruksion materiallar (KM) deyiladi. Hozirgi zamon elektr asbob-uskunalari juda ko'p har xil ETM va KMLarda yasalgan murakkab qurilmalardir. Bu materiallar elektrik, mexanik, texnologik va ma'lum talab qilingan kimyoviy xossalarga ega bo'lishi kerak. Bu xossalalar materiallarning kimyoviy

tarkibiga va tuzilishiga, tashqi kuchlar ta'siriga, haroratiga, tashqi va energetik maydonlar ta'siri intensivligiga (elektr maydoni kuchlanishi va chastotasi, harorati va h.k) bog'liq. ETM va KMLarning asosiy xossalari bilmadan turib, ularni elektr yoki magnit maydoniga joylashtirilganda ularda sodir bo'ladigan fizikaviy va kimyoviy hodisalarni hamda materiallarni kimyoviy tarkibi va tuzilishi bilan bog'liqligini bilmadan, elektrotexnik asbob-uskunalarini loyihalash va ishlab chiqarish mumkin emas.

Shuning uchun materialshunoslik fanining asosiy vazifasi quyidagilardan iborat:

1) Materiallarga elektr maydoni, magnit maydoni, issiqlik maydoni va mexanik kuchlar ta'sir qilganda ulardagi o'tayotgan asosiy fizikaviy jarayonlarni o'rganish.

2) Materiallarni elektrik, mexanik va boshqa xossalari ularning kimyoviy tarkibiga va tuzilishiga bog'liqligini o'rganish.

3) Elektr asbob-uskunalarini ishlab chiqarishda eng ko'p qo'llanilayotgan materiallarni yoritish va ular bilan tanishish.

Elektr asbob-uskunalarini uchun materiallarni faqat elektrofizik xossalari emas, balki fizik-mexanik, kimyoviy xossalari (mustahkamlik, qattqlik, issiqbardoshligi, sovuqqa chidamliligi va h.k.) ham hisobga olinadi.

Materiallarni tanlashda ularni iqtisodiy tomonlari (tannarxi) ham hisobga olinishi lozim. Qo'yilgan talablarga javob beradigan yangi materiallarni mahalliy xomashyo va energiya resurslaridan foydalanib, yangi texnologiyani yaratish maqsadga muvofiq.

Oxirgi vaqtlarda mutaxassislar tomonidan bajarilgan ishlarining uchdan bir qismi oldindan belgilangan xossalari materiallarni yaratishga bag'ishlangan. Shuning uchun yangi materiallarni yaratish yuqori darajada o'sib bormoqda. Zamonaviy konstruktor (umuman injener-texnik xodim) bu yangi materiallar xossalari imkoniyatlarini va istiqbollarini yaxshi bilishi lozim.

Energetika sohasida ishlatiladigan nometall materiallarga organik va noorganik materiallar kiradi. Plastmassalar asosidagi kompozit materiallar; kauchuklar, rezinalar; kleyar; germetiklar; lako-bo'yoq qoplamalar; grafit; shisha; keramika; yog'och va hokozolar kelib chi-

qishiga ko'ra organik va noorganik tabiiy, sun'iy va sintetik nometall materiallar. Tabiiy organik materiallar: kauchuk, yog'och, paxta, yung, hayvon terisi va hokazolar. Tabiiy noorganik materiallar: granit, mramor, bo'r, grafit, asbest, kaolin va ba'zi tog' jinslari. Sun'iy organik materiallar tabiiy neft polimer mahsulotlaridan olinadi: viskozli tola, selluloza efirlari. Sun'iy noorganik materiallar qazilma mineral materiallarni qayta ishlab olinadi: sement, beton, shisha, keramika, pigment. Sintetik organik materiallar oddiy past molekular birikmalarni «polimerizatsiyalash», «polikondensatsiyalash» usuli bilan yoki murakkab organik birikmalarni «destruksiya» yo'li bilan, neftni qayta ishlash, qazilma ko'mirni, torfni qayta ishlash, shu bilan birga metallik, mineral, tabiiy va sun'iy organik va noorganik materiallarni kombinatsiyalarini ishlab chiqish bilan olinadi. Sun'iy va sintetik materiallarning afzalligi shundan iboratki, lozim bo'lgan xossani loyihalash mumkin va kerak xossali mahsulot va tayyor detal olish mumkin. Shuning uchun ulardan hozirgi kunda energetika sohasida keng qo'llanilmoqda.

Yana ta'kidlash lozimki, nometall materiallarni texnologikligi ancha yuqori va ularni ishlatish samaradorligi diqqatga sazovor. Masalan, plastmassalarni ishlatishdagi iqtisodiy ko'rsatkichlari quyidagilar: konstruksiya og'irligining kamayishi, ishlatish haroratlari-ning kamayishi; moyillashga hojat yo'qligi; mashinalarni ishlatish ishonchligi yuqori; ishlash muddatining uzayishi va hokazo.

Materiallarning har bir sinfi haqidagi ma'lumotlar, materiallarning xususiyatlari, fazoviy va strukturaviy holatiga bog'liq holda beriladi. Materiallarda, avvaldan talab etilgan xususiyatlarni hosil qi-lish uchun ularga ishlov berish va ularni mustahkamlash prinsiplari bayon etildi. Shuningdek, kompozit materiallar nazariyasining asoslari berildi, materiallarni tanlash va iqtisodiy dalillash masalalari o'rganib chiqildi. Darslikka materiallarga, ayniqsa, nometall materiallarga oid ma'lumotnomalar kiritildi. Bular, shu vaqtgacha, ko'plab tarmoqlarning nashrlarida tarqoq holda mavjud edi. Shu jihatdan mazkur darslik muhandislik mutaxassisliklari bo'yicha bilim olayotgan talabalarga, mashina va uskunalarni hisoblashda, loyihalashda, materiallarga ishlov berish texnologik rejimlarini tanlashda katta qulayliklar beradi.

# 1 BOB. METALLARNING ICHKI TUZILISHI

Bizga ma'lumki modda – tinch holatda massaga ega bo'lgan materiya turi xil hisoblanib texnik va texnologik jarayonlarda “moddiy asos” degan tushuncha o'rniga “material” tushunchasi qabul qilingan.

Materiallar – mehnat predmetlari majmuasi bo'lib, odam mehnat jarayonida ularni o'zgartirib, mehnat mahsulotlariga aylantiradi (iste'mol buyumlari – predmetlari va ishlab chiqarish vositalari). Materiallar – mahsulot ishlab chiqarish uchun dastlabki modda bo'lishi ham, ishlab chiqarish jarayonlarini bajarish uchun yordamchi modda ham bo'lishi mumkin. Sarflangan mehnat miqdori va materiallarning vazifasiga ko'ra, ishlab chiqarish jarayonida materiallar quyidagi turlarga bo'linadi. Xomashyo yoki xom materiallar – bular, ilgari mehnat ta'sirida bo'lgan va yana qayta ishlanishi lozim bo'lgan mehnat predmetlaridir. Masalan, metallurgiya zavodida – temir rudasi, tekstil fabrikasida – paxta va sh.k. Xomashyo hayvonotga va o'simliklarga oid bo'lishi, minerali yo boshqa bir tarzda olingan bo'lishi mumkin. Birlamchi xomashyo – odam mehnatiga birinchi bor uchrab turgan predmet, ikkilamchi xomashyo – ishlab chiqarish chiqindilari, jismonan yoki ma'nan eskirgan iste'mol predmetlari bo'lib, bular qayta ishlanishi kerak. Yarim mahsulot – materiallarni qayta ishlash mahsuloti bo'lib, bular iste'molga yaroqli buyum holiga kelishdan oldin bir yoki bir necha marta qayta ishlanishi lozim. Bitta ishlab chiqarishning tayyor mahsuloti boshqa ishlab chiqarishlar uchun yarim mahsulot bo'lib xizmat qiladi.

## 1.1. Metallarning atom-kristall tuzilishi

*Atom* – bir vaqtlar kimyoviy elementning eng kichik zarrasi deb hisoblanardi; elementning xususiyatlari unda takrorlanadi. Har qanday element mayda zarralardan tashkil topgan, ular dunyo tuzilishining birlamchi “g'ishtcha”si vazifasini bajaradi, fanlarda chuqur o'rganiladi.

Hozirgi vaqtda bunday zarralar soni yuzlab o'lchanadi. Protonlar va neytronlar musbat zaryadlangan atom yadrosini tashkil qiladi,

elektronlar esa, yadro atrofida aylanadi. Elektron odamzod eng avvalo kashf etgan elementar zarra bo'lib, tinch holatdagi massasi  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-28}$ g, eng kichik elektr zaryadi (elektr kvanti)  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Kl ni tashuvchi hisoblanadi.

Yadro va uning atrofidagi elektronlar o'zaro elektrostatik va elektromagnit ta'sirida bo'lib, turg'un (barqaror) fazoviy sistema hosil qiladi. Alohida (izolatsiyalangan) atomning zaryadi yo'q. Atomlarning elektrondan uzoqlashishi yoki unga qo'shilishi natijasida musbat yoki manfiy zaryadlangan ion hosil bo'ladi.

Atomning energiyasi ma'lum (diskret, uzluksiz bo'lmagan) qiymatlarga ega bo'ladi, ular "energiya pog'onasi" deb ataladi. Har bir qiymat atomning barqaror bir holatiga mos bo'lib, kvant o'tishlari yo'li bilan sakrab o'zgaradi. Kvant o'tishlar atom zarralarga (atomlar, ionlar) elektromagnit nurlanishlarning ta'siri natijasida sodir bo'ladi. Elektromagnit maydonning kvantlari – fotonlar, maydonning berilgan chastotasida mumkin bo'lgan eng kichkina energiya va impulsni tashiydi. Atom zarrasi fotonni yutib, qo'zg'algan holatga o'tadi va o'zidan foton chiqarib kam energiyali holat (quyiroq energiya pog'onasi)ga o'tishi mumkin. Atomning minimal energiyasiga mos pog'ona – asosiy hisoblanib, qolganlari qo'zg'alish pog'onasi deb ataladi. Energiya pog'onalarining majmui – atomning energetik spektri, deb ataladi. Erkin yoki bo'sh bog'langan atomlarning optik spektrlari alohida spektral chiziqlardan iborat bo'lib, ma'lum to'lqin uzunligi bilan tavsiflanadi va oddiy atomlar spektrlari bo'yicha guruhlarga birikadi. Ular moddaning atom tarkibi haqida ma'lumotlar beradi.

Turli kimyoviy elementlarning atomlari elektron shakli, ya'ni elektronlarning energiya pog'onalari bo'ylab taqsimlanishi bilan farq qiladi. Elektronning atomdagi holati to'rtta kvant soni bilan tavsiflanadi: asosiy son -n, u elektronning yadrodan o'rtacha uzoqligini ( $n=1,2,3,\dots$ ) bildiradi; orbital son –  $\ell$ , u elektron orbitasining yadroning kulon maydonidagi shaklini ( $\ell = 0,1,2,\dots,n-1$ ) bildiradi; ikkita, magnit soni –  $m_l$  va  $m_s$ . Atomdagi elektron energiyasi, asosan, n va  $\ell$  sonlariga bog'liq; "n" kattalashganda energiya keskin oshadi;  $\ell$  kattalashganda – sustroq oshadi;  $m_l$  va  $m_s$  ga bog'liqligi – yanada sustroq.



Kvant mexanikasining “Pauli prinsipi” deb atalgan qonuniga ko‘ra, bitta atomdagi istalgan ikkita elektron turli kvant holatida bo‘lishi kerak, ya’ni to‘rtta kvant sonidan bittasi boshqacha bo‘ladi. Bosh soni –  $n$  bir xil bo‘lgan elektronlar majmui elektron qatlamni hosil qiladi, bu qatlam ko‘pi bilan  $2n^2$  elektronlar bilan to‘lgan bo‘ladi, qatlamning qobig‘i esa  $\ell$  ning qiymatlari bilan tavsiflanadi. Qatlamlar va qobiqlar  $n$  va  $\ell$  ning qiymatlariga qarab, timsollar bilan ifodalandi:

qatlamlar:	<i>K L M N O P Q...</i>	qobiqlar:	<i>s p d f...</i>
$n$ :	1 2 3 4 5 6 7...	$\ell$ :	0 1 2 3...

Davriy sistemadagi elementlarning atomlarida  $\ell > 3$  bo‘lgan qobiq yo‘q. Yadroga eng yaqin qatlam –  $K$ , keyin  $L$  qatlam keladi va shu tarzda davom etadi. Elektron yadro bilan qanchalik sust bog‘langan bo‘lsa, uning tegishli qobiqdagi energiya pog‘onasi shunchalik yuqori.

Murakkab atomlar normal va qo‘zg‘algan elektron shakl (konfiguratsiya) bilan tavsiflanadi. Birinchisida atomdagi elektronlar orasidagi bog‘lanish mustahkam, ikkinchisida – bir yoki bir nechta elektron bo‘shroq bog‘langan, ya’ni qo‘zg‘atilgan energiya pog‘onasida turadi. Atomning kimyoviy va fizik xususiyatlaridan aksari, tashqi elektron qobiqlarining strukturasi bilan bog‘liq. Ulardagi elektronlar bir-biri bilan nisbatan sust bog‘langan. Ichki qobiqlardagi elektronlar ancha mustahkam bog‘langan; atomlar va tez harakatlanadigan zarralar yoki katta energiyali fotonlarning o‘zaro ta’sirini o‘rganib, ichki qobiqlarning tuzilishi haqida ma’lumotlar olish mumkin.

Atomlar bir-biriga yaqinlashganda elektrostatik o‘zaro ta’sir sodir bo‘lib, elektron qobiqlar bir-birining ichiga kirib ketishi mumkin. Bunda elektronlar yadroga nisbatan surilib ketib, atomlar qutblanadi, ya’ni elektr maydonida ichki qutbli momentga ega bo‘ladi. Atomlarning eng yuqori darajadagi qutblanishi tashqi elektr maydonlarida va elektromagnit nurlanish ta’siri ostida kuzatiladi. Atomning ketma-ket ionlashuvida (ya’ni tashqi elektrondan boshlab ketma-ket uzilib chiqqanda) xususiyatlari ham shunga mos holda o‘zgaradi: qutblanish kamayadi, energiya pog‘onalari orasidagi farq kattalashadi.

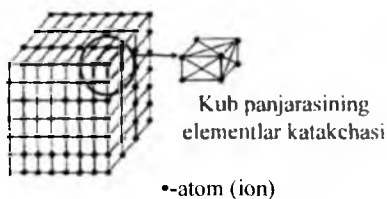
Metallarning **kristall panjaralarida** musbat ionlar muayyan tartibda joylashganligini men ko'rmadim.

Metallar, boshqa har qanday modda kabi, sharoitga qarab, to'rt xil agregat holatda: qattiq, suyuq, gaz va plazma hollarda bo'la oladi. Sof metall bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatga ma'lum temperaturadagina o'tadi va bunda metallning xossalari o'zgaradi.

**Qattiq holatda** metall zarachalari muayyan tartibda joylashgan bo'ladi, bu zarrachalarning bir-birini tortish kuchi bilan bir-birini itarish kuchi o'zaro muvozanatda turadi, natijada qattiq jism o'z shaklini saqlaydi.

**Gaz holatdagi** metall zarrachalari tartibsiz harakatlanadi, bir-birini itaradi, natijada metall gazi imkoni boricha katta hajmni olishga intiladi.

**Suyuq holatdagi** metall zarrachalarining ozroq qismigina tartib joylashgan bo'lib, bu joylashuv issiqlik ta'sirida goh buzilib, goh tiklanib turadi. Demak, suyuq holatdagi metall qattiq holatdagi metall bilan gaz holatidagi metall orasida oraliq holatini egallaydi. Metallning, umuman moddaning, agregat holati orasidagi farq ana shu. Atomlarning markazidan o'tkazilgan faraziy chiziqlar panjara hosil qiladi. Bir-biriga parallel joylashgan bir qancha kristallografik tekislik fazoviy kristall panjara hosil qiladi, kristall panjaraning tugunlarida esa atomlar (ionlar) turadi. Moddaning atom-kristall tuzilishi to'g'risida tasavvur hosil qilish uchun panjaraning bitta elementar katakchasini ko'rsatish kifoya (1.1 - rasm).



**1.1-rasm. Fazoviy kristall panjara va uning tugunlarida atomlarning (ionlarning) joylashuvi.**

## 1.2. Qattiq jismlardagi bog‘lanishlarning turlari

Qattiq jismlardagi bog‘lanishlar to‘rtta asosiy turga bo‘linadi. Bular ion (geteropolyar), atom (gomeopolyar yoki kovalent), molekular bog‘lanishlar va metall bog‘lanishlardir. Ana shu bog‘lanishlarni batafsil ko‘rib chiqaylik.

**Ion (geteropolyar) bog‘lanishlar.** Bunday bog‘lanishli qattiq jismlar kristall panjaralarning tugunlarida ionlar turadi (1.2 - rasmga qarang). Ion bog‘lanish elektromanfiylik jihatidan bir-biridan katta farq qilgan ikki element orasida vujudga keladi. Binobarin, ion bog‘lanish birinchi guruh metallari, ya‘ni ishqoriy metallar bilan yettinchi guruh elementlari (galogenlar) orasida vujudga keladi.

Ion bog‘lanish vujudga kelishini natriy xlor ( $\text{NaCl}$ ) misolida ko‘rib chiqaylik (1.3 - rasm). Xlor atomi natriy atomiga qaraganda anchagina elektromanfiy bo‘lganligidan o‘zining sirtqi qavatidagi bir elektronini xlor atomiga beradi, natijada natriy atomi musbat zaryadli natriy ioni  $\text{Na}^+$  ga (kationga), xlor atomi esa bir elektron biriktirib olib, manfiy zaryadli xlor ioni  $\text{Cl}^-$  ga (anionga) aylanadi. Qarama-qarshi zaryadli bu ionlar kulon kuchi vositasida o‘zaro tortilib, birikma ( $\text{NaCl}$ ) hosil qiladi. Birikma (molekula) tarkibidagi har qaysi ion o‘z atrofida elektr maydoni vujudga keltiradi. Demak, ion bog‘lanishli molekullarda bir necha (kamida ikkita) elektr maydoni bo‘ladi. Ion bog‘lanishning geteropolyar bog‘lanish deb ham atalishiga sabab ana shu.

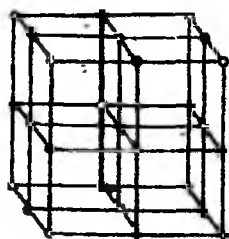
Ion bog‘lanishli birikmalarda ta‘sir etuvchi kulon kuchlar zarrachalarning (ionlarning) bir-biriga puxtaroq tortilishiga sabab bo‘ladi. shuning uchun bunday birikmalarning suyuqlanish temperaturasi va qattiqligi yuqoriroq bo‘ladi.

**Atom (gomeopolyar, kovalent) bog‘lanishlar.** Atom bog‘lanishli qattiq jismlar kristall panjaralarining tugunlarida o‘zaro kovalent bog‘langan atomlar turadi (1.2 b-rasmga qarang). Kovalent bog‘langan atomlar bir-birini juda kuchli tortib turganligi uchun bunday birikmalarning suyuqlanish temperaturasi va mustahkamligi nihoyatda yuqori bo‘ladi.

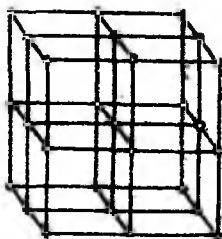
Elektromanfiyligi bir-biriga teng bo‘lgan elementlarga kovalent bog‘lanadi. Kovalent bog‘lanish nazariyasiga ko‘ra, bunday

bog'lanish hosil bo'lishda elektron bir atomdan ikkinchi atomga o'tmaydi (chunki bu atomlarning elektromanfiyligi bir xil), balki o'zaro ta'sir qiluvchi ikkala atomga tegishli bo'lib qoladi.

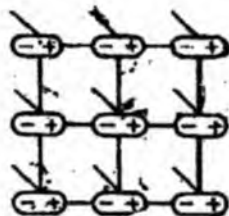
Atom bog'lanishli qattiq moddalarga misol qilib, olmosni ko'rsatish mumkin. Olmosda uglerodning har bir atomi uglerodning boshqa to'rtta atomi bilan bog'langan, bu to'rtala bog'lanish bir xil bo'lganligidan olmos kristalini bitta gigant molekula deb qarash mumkin.



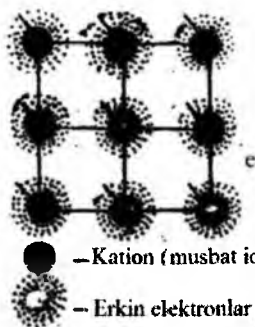
○ - Anion ( $Cl^-$ )  
● - Kation ( $Na^+$ )  
a



○ - Atom  
b



⊖ ⊕ - Molekula  
d

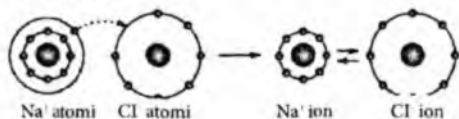


● - Kation (musbat ion)  
● - Erkin elektronlar buluti

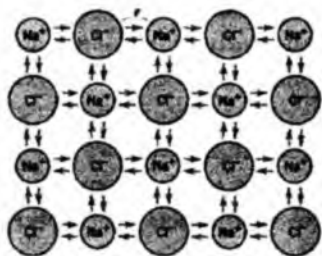
### 1.2-rasm. Qattiq jismlardagi asosiy bog'lanishlar:

- a – ion bog'lanish;
- b – atom bog'lanish;
- d – molekular bog'lanish;
- e – metall bog'lanish.

Valent elektron



a)



b)

### 1.3 - rasm. Ion bog‘lanish jarayoni: a – natriy va xlor atom-larining bir-biri bilan ion bog‘lanishi; b – NaCl birikmasi ion bog‘lanishining sxematik tasviri<sup>1</sup>.

**Molekular bog‘lanish.** Bunday bog‘lanishli qattiq moddalar kristall panjaralarining tugunlarida molekular turadi. Bu molekular bir-biriga molekulararo kuchlar vositasida tortilib turadi. Molekulararo kuchlar molekularni bir-biriga nisbatan kuchsiz tortib turganligidan molekular bog‘lanishli qattiq moddalarning suyuqlanish temperaturasi va qattiqligi past bo‘ladi.

**Metall bog‘lanishlar.** Bunday bog‘lanishli qattiq jismlar (metallar) kristall panjaralarining tugunlarida musbat zaryadli ionlar turadi, ionlarni esa erkin elektronlar, ya‘ni elektronlar buluti qurshab olgan bo‘ladi. Elektronlar buluti ayrim ion yoki atomlarning qobiqlari bilan bog‘langan bo‘lmay, balki kristallning butun hammasiga oiddir. Demak, metall bog‘lanishlar musbat zaryadli ionlar bilan erkin elektronlarning o‘zaro tortishuvidan iboratdir.

Texnik materiallarning strukturasi hamma vaqt ham, zarralar kristall panjarada muntazam joylashgan, degan ideal tasavvurlarga to‘g‘ri kelavermaydi. Kristall panjaralarda nuqsonlar ham uchray turadi. Bu nuqsonlar – kristall tuzilishning nomukammalligidan, zarralarning kristall panjara tugunlarida davriy tarzda qat‘iy joylashishning buzilishidan iborat. Nuqsonlar, kristallanish jarayonida, elektr va

<sup>1</sup> Callister, William D.. Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 33-bet

magnit maydonlari, issiqlik va mexanik ta'sirlar natijasida, kristallarga yot jinslar kirib qolganda hosil bo'ladi. Radiatsiyali nuqsonlar kristall materiallarning zarralar oqimi va qattiq elektromagnit nurlanish sababli yuzaga keladi. Nuqsonlar nuqtali, chiziqli, sirtqi va hajmiy turlarga bo'linadi.

**Nuqtali nuqsonlar** kristalldagi qo'shni atomlar orasidagi masofalar bilan qiyoslagulik masofalarda kristall panjaraning shaklini buzadi. Eng oddiy nuqtali nuqson – vakansiya bo'lib, bunda kristall panjaraning qaysidir uzeldida atom yoki ion bo'lmaydi. Vakansiyalar panjara bilan termodinamik muvozanatda bo'ladi, atomlarning issiqlik harakati natijasida yuzaga keladi va yo'qoladi. Haroratning har bir qiymati uchun vakansiyalarning ma'lum muvozanat konsentratsiyasi to'g'ri keladi. Metallarning kristallaridagi vakansiyalar miqdori erkin harorati yaqinida atomlar sonining 1–2% ga teng. Vakansiyalar harakati kristalldagi atomlar diffuziyasining bosh sababi hisoblanadi. Kristallardagi begona jinsli nuqsonlar begona atomlar yoki ionlar tufayli hosil bo'ladi. Bu atom yoki ionlar asosiy zarralar o'rnini egallashi yoki ular orasiga suqilib kirishi mumkin. Nuqtali nuqsonlarga shuningdek, tugunlararo zarralar ham kiradi. Bu zarralar xususiy atomlar yoki panjaraning tugunidan chiqib ketgan kristall ionlaridan iborat. Vakansiyalar, tugunlararo ionlar, begona atomlar va ionlar kristall rangini o'zgartirishi mumkin. Bunda ular yorug'lik spektrning shunday chegarasida yutadiki, bu sohada dastlabki kristall yutmaydi. Bunday nuqsonlar bo'yash markazlari deyiladi.

Ionli kristallarda nuqtali nuqsonlar juft-juft hosil bo'ladi. Bitta ishorali ionlarning yo'qolishi natijasida hosil bo'lgan vakansiyalar kristallda teskari ishorali zaryadlar hosil bo'lishiga olib keladi. Ionlar kristalldan chiqib ketmay, tugunlar orasiga qarab siljisa, kristallning neytralligi saqlanib qoladi. Natijada "vakansiya–tugunlararo zarra" degan juftlik hosil bo'ladi. Bu hodisa rossiyalik nazariyotchi fizik Y.I.Frenkel nomi bilan "Frenkel nuqsoni" deb yuritiladi. Kristall boshqa bir holatda ham, ya'ni ionlarning valentligi bir xil bo'lganda anion va kation vakansiyalar teng miqdorda hosil bo'lsa ham neytral bo'lib qolaveradi. Bu hodisa nemis fizigi V.Shotki nomi bilan "Shotki nuqsoni" deyiladi.

Kristallga mexanik yuklamalar tushganda dislokatsiyalar harakatga keladi. Byurgers vektorlari bir xil bo'lgan ikkita dislokatsiya yaqinlashganda dislokatsiya yaqinidagi elastik kuchlanishlar katalashadi va dislokatsiyalar bir-biridan itariladi. Byurgers vektorlari qarama-qarshi bo'lgan dislokatsiyalar bir-biriga tortiladi va bir-birini yo'qotadi (annigilatsiya hodisasi ro'y beradi). Har qanday kristall material uchun dislokatsiyalarning kritik zichligi mavjud bo'lib, u oshib ketsa, dislokatsiyalar harakati sekinlashadi.

**Sirt nuqsonlar** – kristallning turli holatlardagi uchastkalari orasidagi chegara, xususan, taxlanish nuqsonlari, egizaklar va donalar chegarasi.

**Taxlanish nuqsonlari** – kristallning zich taxlangan tekisliklarining almashinish tartibidagi xatoliklardan iborat. Ular vakansiyalarning yoki tugunlararo atomlarning turlicha taqsimlanishi natijasida hosil bo'ladi.

**Egizaklanish** – monokristallda kristall struktura holatining qonuniy o'zgargan zonalarining hosil bo'lishi. Bunday struktura matritsaning ko'zgdagi aksidan iborat yoki undan simmetriyaning boshqa o'zgarishlari orqali olingan. Matritsa ikkilangan o'zgarish bilan birga egizak deb ataladi. Ikkilanishning sabablari – kristallarning issiqlikdan kengayish yoki siqilishi, deformatsiyalangan kristallarning qizishi (rekristallanishning egizaklari), bir kristall modifikatsiyadan boshqasiga o'tish (polimorfizm) bo'lishi mumkin.

**Donalararo chegaralar** – polikristallning turli holatdagi donlari o'rtasidagi ajralish yuzasi (sirti). Geterogen materiallarning qotishmalari va begona jinlaridagi fazalarning ajralish chegaralari ham sirt nuqsonlarga kiradi. Bunday nuqsonlarning aksariyati dislokatsiyalar to'rini hosil qiladi.

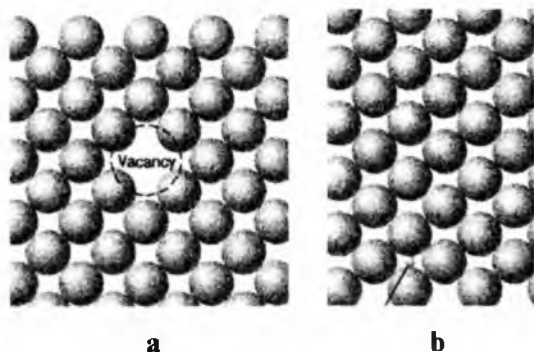
**Hajmiy nuqsonlar** – vakansiyalarning to'planib qolish holati bo'lib, kristallarda g'ovaklar va kanallar, boshqa (begona) fazalar aralashib qolishini, gaz pufakchalarini va eritmani, dislokatsiyalarda va kristallarning o'sish zonasida begona jinlar to'plamini hosil qiladi. Bunday nuqsonlar materiallarning plastikligini kamaytiradi, mustahkamligiga, elektr va magnit xususiyatlariga ta'sir qiladi.

### 1.3.Haqiqiy kristallarning tuzilishi

**Haqiqiy kristallarning tuzilishi.** Metallarning haqiqiy kristallari tuzilishida, ideal kristallarnikidan aksicha, bir qator nuqsonlar (no-mukammalıklar) bo‘ladi. Metallarning juda muhim ko‘pgina mexanik va fizikaviy xossalari, metallarning strukturasi sodir bo‘ladigan ko‘pgina jarayonlar shu metallar kristallarining tuzilishidagi nuqsonlardan kelib chiqadi.

Metallarning kristallari tuzilishidagi nuqsonlar, odatda, uch guruhga bo‘linadi. Bulardan biri nuqtaviy nuqsonlar bo‘lib, ikkinchisi chiziqli nuqsonlar va uchinchi sirt (tekislik) nuqsonlardir. Ana shu nuqsonlarni birma-bir ko‘rib chiqaylik.

1. **Nuqtaviy nuqsonlar.** O‘lchamlari uch yo‘nalishning hammasida ham kichik bo‘lgan nuqsonlar **nuqtaviy nuqsonlar** deyiladi. Bunday nuqsonlar jumlasiga vakansiyalar (1.4 (a) rasm), ya‘ni kristall panjaraning bo‘sh joylari, oraliq atomlar-tugunlar oralig‘iga siljigan atomlar metall kristall panjarasi tugunlaridagi atomlar o‘rnini olishi ham, panjara tugunlari oralig‘iga kirib borishi ham mumkin (1.4 - (b) rasm).



1.4-rasm Nuqtaviy nuqsonlar (a-vakansiya, b-qattiq eritma strukturasi)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014, 107-bet



Uchala holda ham asosiy metallning kristall panjarasi o'zining muntazam geometrik tuzilishini o'zgartiradi, ya'ni panjaradan nuqsonlar hosil bo'ladi.

1. Kristall panjara tugunlarida atomni bo'sh qolishi bu vakansiya yadir. Vakansiya kristall tebranish amplitudasi kuchayishi natijasida hosil bo'ladi.

2. **Chiziqli nuqsonlar.** O'lchamlari faqat ikki yo'nalishdagina kichik bo'ladigan nuqsonlar **chiziqli nuqsonlar** deyiladi. Chiziqli nuqsonlarning eng muhim turi dislokatsiyalardir. Vakansiyalarning va boshqa nuqtaviy nuqsonlarning zanjirlari ham chiziqli nuqsonlar jumlasiga kiradi.

3. **Sirt (tekislik) nuqsonlar.** O'lchamlari faqat bir yo'nalishdagina kichik bo'lgan nuqsonlar **sirt nuqsonlar** deyiladi. Sirt nuqsonlar jumlasiga bloklar orasidagi va donalar orasidagi chegaralar yoki ta'sir chegaralar, qattiq fazalar orasidagi chegara sirtlar va boshqalar kiradi.

**Dislokatsiyalar.** Dislokatsiyalar nazariyasi hozirgi zamon metall shunosligining fizikaviy asoslaridan biridir. Bu nazariya metallarning strukturasi sodir bo'ladigan eng muhim bir qator jarayonlar mexanizmi sabablarini izohlab berishga imkoniyat yaratiladi.

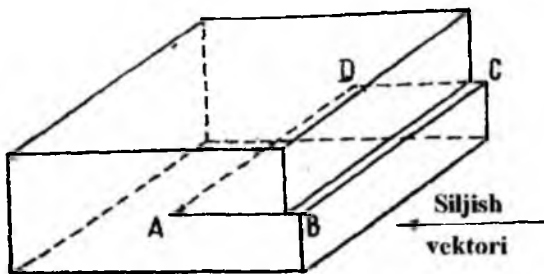
Dislokatsiyalar suyuqlantirilgan metallarning kristallanish jarayonida, metallarning plastik deformatsiyalanishida, metallarga termik va boshqa tur ishlovlar berishda hosil bo'ladi.

Dislokatsiyaning o'zi nima? Bu savolga quyidagi ta'rifdan javob olamiz.

Metallning atomlar siljigan (sirpangan) sohasi bilan atomlar siljimagan sohasi orasidagi chegara **dislokatsiya** deb ataladi.

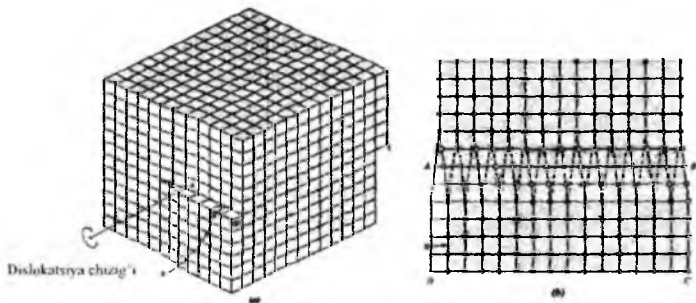
Dislokatsiyalar, asosan, chiziqli (to'g'ri) va vintsimon dislokatsiyalarga bo'linadi. Dislokatsiyalarning ana shu turlarini ko'rib chiqamiz.

**Chiziqli dislokatsiyalar.** Siljish vektoriga perpendikular bo'lgan dislokatsiya **chiziqli dislokatsiya** deyiladi. Masalan, biror kristallga siljish vektori bo'ylab tashqi kuch ta'sir ettirilgan va bu kuch ta'sirida sirpanish tekisligida atomlar bir parameter bo'yicha siljigan bo'lsin. Siljish sirpanish tekisligining boshidan oxirigacha emas, balki uning ABSD qismida sodir bo'lib, tekislikning qolgan qismida sodir bo'lmagan deb faraz qilaylik (1.5-rasmga qarang).



**1.5-rasm. Siljish zonasining siljish vektoriga perpendikular bo'lgan AD chegarasi chiziqli dislokatsiyadir.**

Vintsimon dislokatsiyada atomlarning siljish yo'nalishi siljish vektoriga parallel bo'ladi. Bunday dislokatsiyani quyidagi misolda tushuntirib beramiz. Bir kristall olib, uning ozroq joyini tekislik bo'ylab kesaylikda, kesilgan qismining birini ikkinchisiga nisbatan panjaraning bir parametriga teng oraliqqa siljish vektoriga parallel tarzda siljitaylik (1.6-rasmga qarang).



**1.6-rasm. Vintsimon dislokatsiyalar.**

Bunday qilinganda atomlarning gorizontall tekisliklari bir qadar egiladi va ulardan har birining cheti shu tekislikka eng yaqin tekislikning cheti bilan tutashadi. Natijada, kristallning shakli vint bo'yicha buralgan bitta sirpanish tekisligidan hosil bo'lgandek ko'rinadi<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 116-bet

Hosil bo'lgan bu dislokatsiya vintsimon dislokatsiyadir. Vintsimon dislokatsiyali kristallning tuzilish sxemasi 1.6-rasmda tasvirlangan. AD chiziq vintsimon **dislokatsiya yuki** deyiladi. Bu yuk siljish vektoriga paralleldir.

**Dislokatsiyalarning surilishi.** Dislokatsiyalar ikki yo'l bilan surilishi mumkin; bulardan biri sirpanish yo'li bilan surilish bo'lsa, ikkinchisi diffuziya yo'li bilan surilishdir.

**Dislokatsiyalarning diffuziya yo'li bilan surilishi.** Siljish vektoriga perpendikular bo'lgan dislokatsiyalargina diffuziya yo'li bilan suriladi. Dislokatsiyalarning bunday surilishi uchun kristall panjarada atomlarning va nuqtaviy nuqsonlarning anchagina siljishi kerak bo'ladi. Dislokatsiyaning diffuziya yo'li bilan surilish jarayoni ekstra tekislikning o'sishi yoki qisqarishi hisobiga boradi. Masalan, atomlar panjara tugunlaridan ekstra tekislik chetiga (dislokatsiyaga) diffuziyalansa, shu atomlar o'rnida vakansiyalar hosil bo'ladi, buning natijasida esa ekstra tekislik o'sadi va, aksincha, ekstra tekislik chetiga vakansiyalar diffuziyalansa, ya'ni u yerdan atomlar ketsa, ekstra tekislik qisqaradi. Bu ikkala holda ham dislokatsiya suriladi. Oraliq atomlarning (nuqtaviy nuqsonlarning) dislokatsiyaga diffuziyalanishi natijasida ham dislokatsiya suriladi, bunda nuqtaviy nuqsonlar yo'qoladi.

### **Nazorat savollari:**

1. Metallarga to'liq ta'rif bering?
2. Moddalarning agregat holatini tushuntiring?
3. Metallar uchun eng ko'p tarqalgan kristall panjara turlari qanday?
4. Ion bog'lanishga ta'rif bering?
6. Kovalent bog'lanish nima?
7. Dislokatsiya nima?
8. Metall quymalarning kristallanish jarayonida turli zonalar hosil bo'lishiga olib keluvchi sabablar nima?
9. Kristallanish jarayoni qonuniyatini o'rganishning amaliy ahamiyati nimada?

## 2-BOB. METALLAR STRUKTURASI VA XOSSALARI

### 2.1. Metallarni kristallik tuzilishi

Sanoatning rivojlanishida materialshunoslikning yutuqlari yuqori mustahkam, turg'un, yengil metall va nometall materiallarni **yaratish** va uni qo'llash bilan bog'liq.

Materialga qo'yilgan talablar uning ishlash sharoitiga bog'liq: mexanik yuklanishiga, haroratiga, tashqi muhitning ta'siriga va hokazo.

Masalan, traktorning ishqalanuvchi detallari abraziv yeyilishga chidamli bo'lishi zarur (ayniqsa, O'rta Osiyo sharoitida); paxta terish mashinasi shpindellari ham abraziv ham korroziya, yeyilishga chidamli materialdan yasalishi kerak; samolyot sinchlari (lonjeron, stringer va hokazo) mexanik mustahkam, katta bikirlikka ega materialdan yasaladi; aviamotor materialiga olovbardoshlik-issiqbardoshlik ( $650\text{--}850^{\circ}\text{C}$  haroratga chidamlilik) talablari qo'yiladi; tovushdan tez uchadigan samolyotlarning ustki sirtqi qavati («obshivka»si)  $350\text{--}550^{\circ}\text{C}$  da ishlaydigan yengil materiallardan yasaladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, hozirgi kunda kompozitsion materiallar (shular jumlasida "nanomaterial"lar ham) borgan sari keng qo'llanilyapdi. Bularning hajmi 5–10% dan 70–80% gacha yetyapdi. Kompozitsion materiallar ajoyib maxsus xususiyatlarga ega: yuqori mustahkamlik, ishqalanish va yeyilishga bardoshli, issiqlik va elektr tokini kam o'tkazishligi, kerak bo'lsa o'ta o'tkazgich material olsa ham bo'ladi, kimyoviy turg'unlik, yorug'likni yaxshi o'tkazuvchanligi.

Energetika va boshqa sohalarda qo'llaniladigan materiallar har xil sharoitda ishlaydilar: aytaylik, dinamik kuchlanishlarga, har xil haroratda (past va yuqori); turli muhitlarda (ishqoriy, kislotali, neytral, aktiv gaz) va h.k. Mana shular, ishlatiladigan materiallarga talablar qo'yadi. Bular hammasi foydalanish texnologik iqtisodiy talablardan kelib chiqadi.

Foydalanish (ishlatish) talablarini materialning konstruksion mustahkamligini ta'minlaydi.

Materialni konstruksion mustahkamligi deb, uning kompleks xarakteristikasiga aytiladi: bular mustahkamlik, ishonchlilik, mezonlarining yig'indisidir. Foydalanish sharoitiga qarab materiallarni mustahkamlik mezoni tanlanadi.

Mashinasozlikda (ayniqsa, aviasozlikda) ishlatiladigan materiallar uchun ularni og'irlik bo'yicha samaradorligi muhim ahamiyatga ega. Samaradorlik solishtirma (nisbiy) xarakteristikalar bilan baholanadi.

Solishtirma mustahkamlik mezoni quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\sigma_c = \sigma / \rho g$$

bu yerda,  $\sigma$  – material mustahkamligi ( $\text{kg/mm}^2$ ),  $\rho$  – zichligi ( $\text{g/sm}^3$ ) erkin tushish tezlanishi ( $g=9,8 \text{ kg/m}^2$ ).

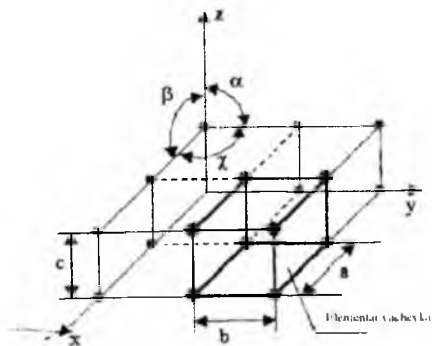
Solishtirma bikirlik quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\gamma_c = E / \rho \cdot g$$

Bu yerda,  $E$  – Yung moduli.

Texnologik talablar (materialning texnologikligi) detallarni va konstruksiyalarni tayyorlashda zaruriy xossalarni ta'minlagan holda eng kam mehnat hajmini ta'minlashga qaratilgan bo'ladi.

Barcha metallar va qotishmalar qattiq holatda bo'ladi, ya'ni ma'lum haroratgacha u qattiq holatda bo'lib o'z shakl va o'lchamlarini saqlaydi. Bu haroratdan o'tgach u yumshaydi va suyuq holatga o'tadi. Kristallik jismlar zarrachalarining (atomlarining) fazoda tartibli joylashganligi bilan ifodalanadi. Kristallik panjara bu tasavvur qilindigan fazoviy panjara bo'lib, uning tugunlarida zarrachalar (atomlar, ionlar) joylashgan bo'ladi (2.1-rasm).



**2.1-rasm. Kristallik panjara sxemasi.**

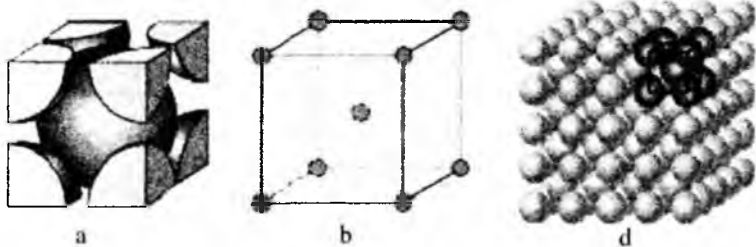
Metall va qotishmalar kristall jismlar bo'lib, ularda musbat ionlar kristall panjaralar hosil qiladi. Amorf jismlarda (shisha, yog'och, chinni) atomlar tartibsiz joylashgan bo'lib, kristall panjara hosil qilmaydi. Elementar **katakcha**- eng kam **atomlar sonli hajm elementi**. Buni ko'p marta taxlab fazoda bor kristalni ko'rish mumkin.

Metallar uchun asosan eng ko'p tarqalgani 3 xil<sup>4</sup>:

–Hajmi markazlashgan kub (HMK) panjara, bunday kristall panjarada 9ta atom bo'lib, ularning 8tasi kub katakchani burchaklari uchida, bittasi kub markazida joylashadi. Bunday kristall panjara alfa-temir, xrom, vanadiy, volfram, molibden, litiy, tantal, qalay va hoshqa metallar uchun xosdir.

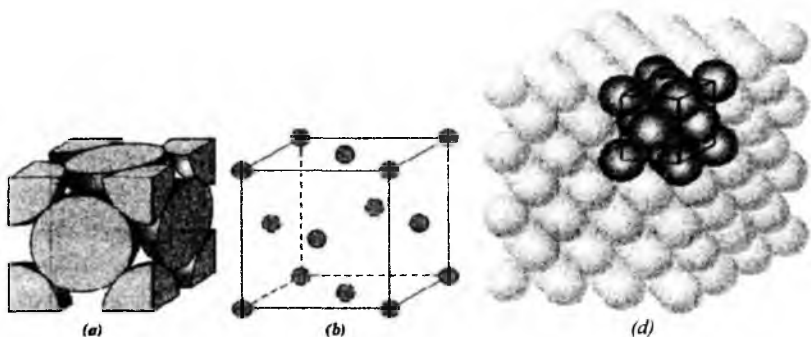
–Yoqlari markazlashgan kub (YOMK) panjara, bunday panjarada 14 ta atom bo'lib, ularning 8 tasi kub katakchasining burchaklari uchida, 6 tasi yon tomonlarning markazida yotadi. Bunday kristall panjara gamma-temir, aluminiy, mis, nikel, kobalt, qo'rg'oshin, kumush, oltinda uchraydi (2.3-rasm).

–Geksagonal panjara, bunday kristall panjarada 17 ta atom bo'lib, ularning 12 tasi 6 yoqli prizmaning burchaklari uchida, 2 tasi prizmaning ustki va ostki yoqlari markazlarida, 3 tasi prizmaning o'rta qismida joylashadi(2.4-rasm). Bunday kristall panjara magniy, kobalt, titan, berilliy kabi elementlar uchun xosdir.



**2.2 - rasm. Hajmi markazlashgan kub elementar yacheykaning ta'sviri: a – qattiq sferalardan tashkil topgan yakka yacheyka; b – yakka yacheykaning kristall panjaradagi modeli; d – juda ko'p atomlardan tashkil topgan kristall hajmi.**

<sup>4</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014, 56-bet.

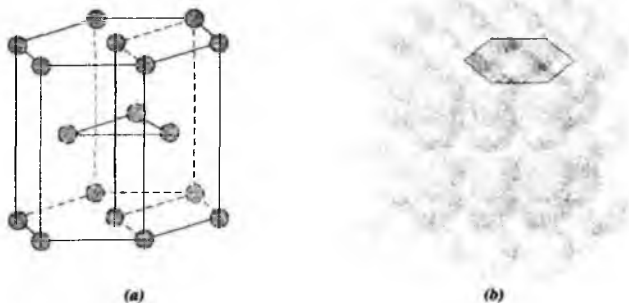


**2.3-rasm. Yoqlari markazlashgan kub elementar katakchanning tasviri:**

**a – qattiq sferalardan tashkil topgan yakka katakcha;**

**b – yakka katakchanning kristall panjaradagi modeli;**

**d – juda ko‘p atomlardan tashkil topgan kristall hajmi<sup>5</sup>.**



**2.4-rasm. Geksogonal zich panjara katakchanning sxematik (a) va hajmi (b)<sup>6</sup>.**

<sup>5</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 53-bet

<sup>6</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 57-bet

Amorf jismlar fazoda betartib joylashgan: smola, shisha parafin.

Amorf jismlar qizdirilganida yumshaydi, qovushqoq bo'lib qoladi, keyinchalik suyuq holatga o'tadi. Sovutilganda jarayon teskari tartibda o'tadi. Barcha amorf jismlar **izotrop** xususiyatga ega, ya'ni atomlarning joylashish yo'nalishlarining hammasida bir xil xususiyatga ega. Kristall panjarali jismlarning barchasi **anizotrop** xususiyatli, ya'ni barcha yo'nalishlarga xususiyatlari har xil.

Ba'zi metallar (temir, kobalt, qalay, magniy, titan) **polimorfizm** (allotropiya) hodisasiga ega, ya'ni har xil sharoitda har xil strukturaga ega. Bu hodisa *metallar allotropiyasi* deyiladi.

Allotropik o'zgarish jarayonida issiqlik ajralib chiqadi yoki yutiladi. Bir metallni har xil alptrolik formalari mavjud alfavit bilan belgilanadi. Masalan, temir:

$$\begin{aligned} Fe_{\alpha} & \text{ bu harorat } t < 911^{\circ}C - \text{HMK} \\ 911^{\circ}C < t < 1392^{\circ}C & - \text{YOMK} - Fe_{\gamma} \\ 1392 < t < 1539^{\circ}C & - \text{HMK.} - Fe_{\beta} \\ Fe_{\beta} & - \text{ bu yuqori haroratli } Fe_{2\alpha} \end{aligned}$$

Bosim o'zgarishi bilan allotropik o'zgarish sodir bo'lishi mumkin. Bunga uglerod misol bo'ladi: past haroratda grafit hosil bo'ladi; yuqori haroratda – olmos.

Polimorfizm hodisasini ishlatib termik ishlash yordamida qotishmalarni mustahkamlash va bo'shatish mumkin.

## 2.2. Kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati

Metallar atomlarining tartibsiz harakatdagi suyuq holatdan atomlari tartibli joylashgan qattiq holatga o'tish jarayoni *kristallanish* deyiladi.

**Tizim** – qattiq, suyuq yoki gaz holatdagi jismlarning yig'indisi. Tizim oddiy va murakkab bo'lishi mumkin. Oddiy tizim 2,3 komponentlardan iborat. Murakkab tizim bir necha komponentlardan iborat bo'ladi.

**Komponent** – bu tizimning alohida tashkil etuvchisi.

Qotishmaning xossalari fazalarning holati va nisbati bilan aniqlanadi. Fazalar komponentlarining o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi.



**Faza** – tizimning fizik va kimyoviy bir xil qismi. Fazalar qattiq, suyuq va gazsimon bo‘lishi mumkin.

Variantlilik (S) bu erkinlik darajasi soni, ya’ni ichki va tashqi (harorat, bosim, to‘plami-konsentratsiyasi) faktorlar soni.

Agar variantlilik  $S=1$  bo‘lsa (monovariantli tizim), fazalar sonini o‘zgartirmasdan ma’lum chegarada faktorlardan birini o‘zgartirish mumkin.

Agar variantlilik  $S=0$  bo‘lsa (nonvariant tizim), tizimdagi fazalar sonini o‘zgartirmasdan tashqi faktorlarni o‘zgartirish mumkin emas.

Fazalar quyidagilar: komponentlar, kimyoviy birikmalar, qattiq va suyuq eritmalar hamda bug‘lar.

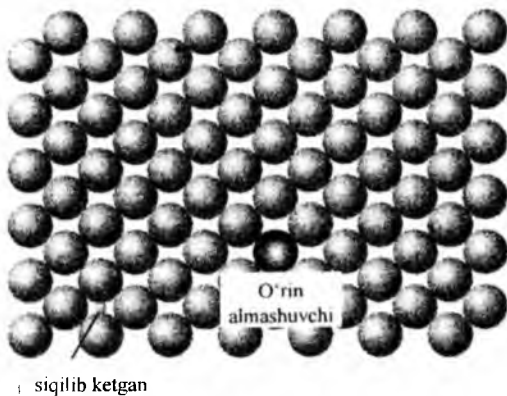
**Qattiq qotishma** – bu faza 2 va undan ortiq komponentlardan tuzilgan sistema.

Komponentlardan biri baza (matritsa) bo‘lib o‘z kristallik panjarasini saqlaydi va erituvchi hisoblanadi. Qolgan komponentlar erituvchi kristallik panjarasiga joylashadi. Bu komponentlarni eruvchi deb ataladi. Qattiq eritma 2 xil bo‘ladi: siqilib kirgan qattiq eritma va o‘rin almashuv eritma.

**O‘rin almashuvli qattiq qotishmalar.** Bunda erituvchi komponent kristallik panjarasidagi qisman atomlari o‘rnini eruvchi komponent atomlari egallaydi (2.5-rasm).

**Siqilib kirgan qattiq qotishmada** eruvchi komponent atomlari erituvchi komponent kristallik panjarasidagi tugunlar orasiga joylashgan bo‘ladi.

**Mexanik aralashma.** Ma’lum komponentlarning kristallari bir-birlari bilan mexanik aralashadi. **Mexanik aralashma** toza metallar kristallaridan tashkil topgan bo‘lishi mumkin. Suyuq eritma fazalar aralashmasi **evtektika** deyiladi. Qattiq qotishma fazalar aralashmasi **evtektoid** deyiladi. Qotishmalar xossalari elementar zarralarning fazada joylashishiga, kimyoviy tarkibiga, kristallarning o‘lcham va formalariga bog‘liq. Metall va qotishmalarning tuzilishini ularning **struktura** tushunchasi ifodalaydi. Nozik, mikro va makrostrukturalar mavjud. Bular struktura tashkil etuvchillarini o‘lchamlariga bog‘liq. Material strukturasi quyidagi usullar bilan o‘rganiladi: elektronografik, rentgenospektral, rentgenografik, mikraskopik, makraskopik va h.k.



**2.5-rasm. O'rin almashuvchi va siqilib kirgan qattiq eritmalar kristallik panjaralari<sup>7</sup>.**

Makroskopik o'rganishda metall va qotishmalarni tuzilishi qurolanmagan ko'z bilan yoki ozgina kattalashtirib «lupa» vositasida o'rganiladi.

O'rganilayotgan yuza oldindan tayyorlanadi: jilvirlanadi va maxsus reaktivda xurushlanadi. Makro strukturani tahlil qilishda quyidagi ko'rsatgichlar o'rganiladi: sinish («izlom») ko'rinishi (plastik, mo'rt), quyma metall zarrachalarining kattaligi shakli va joylashishi; metallarning buzuvchi nuqsonlarni (kirishish bo'shlig'i, gaz g'ovaklari, darzlar, rakovinalar) metallning kimyoviy bir xil emasligi (kristallanish, termik ishlash, kimyo termik ishlash davrida); metallarning struktura tuzilishi sifatiga salbiy ta'sir etuvchi deformatsiyalangan metallning tolalari.

Qattiq jismlarni atom – kristallik tuzilishini o'rganish (aniqlash) uchun **rengenografik** usul qo'llaniladi. Bu usul orqali kimyoviy tarkib bilan struktura va jism xossalari orasidagi bog'liqlikni, mikro kuchlanishlarni, nuqsonlar yig'ilishlarini, dislokatsiyalar zichligini aniqlash mumkin. **Mikrostruktur** analiz usuli – bu yuzani nurli mik-

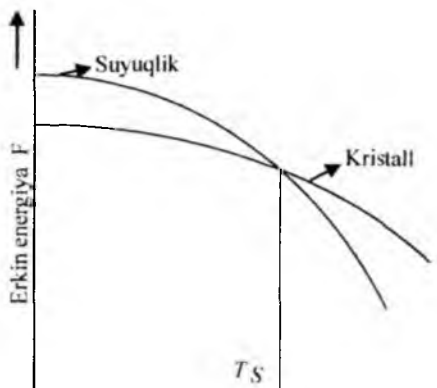
<sup>7</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 109-bet

roskop yordamida o'rganishdir. Yuza 50–2000 marta kattalashtiriladi va bunda 0,2 mkm o'lchamida bo'lgan struktura elementlarini ko'rish mumkin.

Mikrostruktura analiz usuli yorug'likni yuzaga borib urilib qaytishiga asoslangani uchun namunalar-mikroshliflar yuzalari sayqallangan yaltiroq bo'lishi kerak. Bunda materaldagi mikrodarzarlar va nometall qo'shimchalar bor yoki yo'qligi, zarrachalarning shakllarini, o'lchamlarini va yo'nalishini – tutgan o'rnini kuzatish mumkin.

### 2.3. Birlamchi kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati

Jismlar to'rtta agregat holatda bo'lishi mumkin: qattiq, suyuq, gaz va plazma. Ikkinchi holat sharoitida yangi holat ko'proq turg'un (barqaror) bo'lsa jism bir holatdan ikkinchi holatga o'tishi mumkin. Tashqi sharoit o'zgarishi bilan erkin energiya murakkab qonuniyat bo'yiga o'zgaradi. Suyuq va qattiq holat erkin energiyalarning harorat ta'sirida o'zgarishi 2.6-rasmda ko'rsatilgan.



2.6-rasm. Erkin energiyaning haroratga qarab o'zgarishi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan har qanday faza o'zgarishi vaqtida sistemaning erkin energiyasi kamayadi, ya'ni sistema erkin energiyasi katta bo'lgan beqaror holatdan erkin energiyasi kichik bo'lgan barqaror holatga o'tishga intiladi. Erkin energiya  $U_e$  harfi bilan belgilanadi:

$$U_e = U_i - T \cdot S$$

bu yerda,

$U_i$  – sistemaning ichki energiyasi;

$T$  – absolyut harorat;

$S$  – entropiya.

Yuqoridagi grafikda suyuq va qattiq fazalar erkin energiyasining haroratga qarab o'zgarish grafigi erkin energiya – harorat koordinatalarida ko'rsatilgan. Bu diagrammada 1 - egri chiziq suyuq faza erkin energiyasini o'zgarishining, 2- chiziq esa qattiq faza erkin energiyasining o'zgarishini ko'rsatadi.  $T_s$  haroratda suyuq va qattiq faza erkin energiyalari barobar ( $F_{\text{suyuq faza}} = F_{\text{qattiq faza}}$ ) bo'ladi. Shuning uchun  **$T_s$  muvazonat** yoki **nazariy kristallanish harorati** deyiladi.

$T_s$  dan yuqori haroratda suyuq fazaning erkin energiyasi ( $F_{sf}$ ) kichik, qattiq fazaning erkin energiyasi  $F_{qf}$  esa katta, ya'ni  $F_{sf} < F_{qf}$ .  $T_s$  dan past haroratda aksincha:  $F_{sf} > F_{qf}$ . Binobarin,  $T_s$  dan yuqori haroratda modda suyuq holatda  $T_s$  dan past haroratda qattiq holatda bo'ladi.

Suyuq fazaning qattiq fazaga o'tish jarayoni kristallanish markazlari hosil bo'lishi va bu markazlarning o'sishi yo'li bilan boradi. Kristallanish markazlari soni qanchalik ko'p va kristallarning o'sish tezligi qanchalik katta bo'lsa, suyuq faza qattiq fazaga shunchalik tez aylanadi.

Metall bir agregat holatdan boshqa bir agregat holatga o'tganda issiqdik ajralib chiqadi yoki yutiladi. Demak, bunday tizimni issiqlik hodisasi ro'y beradigan tizim deyish mumkin.

Suyuq modda (jism) sovitilganda  $T_s$  haroratida kristallanish jarayoni sodir bo'lmaydi, chunki bunda  $F_{sf} = F_{qf}$  bo'ladi. Suyuq fazani kristallanaboshlashi uchun tizimning erkin energiyasi kamayishi kerak, va aksincha, qattiq fazaning (kristallning) suyuqlikga aylanishi uchun sistemaning erkin energiyasi ortishi kerak.

Suyuq fazaning  $T_s$  dan past haroratdagi sovishi **o'ta sovish** deb ataladi. Qattiq fazaning  $T_s$  haroratdan yuqori haroratgacha qizishi esa, **o'ta qizish** deyiladi.

Nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati bilan amaliy kristallanish (suyuqlanish) harorati orasidagi ayirma o'ta sovish darajasi deyiladi va  $\Delta T$  bilan belgilanadi:

$$\Delta T = T_{nkr} - T_{akr};$$

$T_{nkr}$  – nazariy kristallanish harorati;

$T_{akr}$  – amaliy kristallanish harorati.

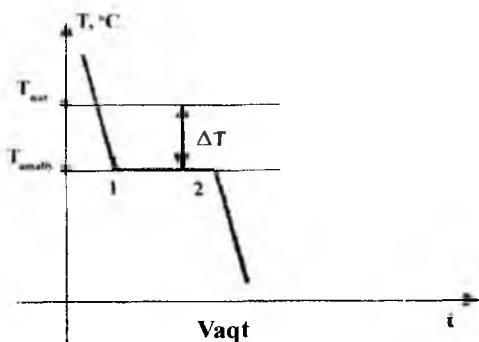
O'ta sovish darajasi kattaligi metallning tabiatiga, uning tozalik darajasiga (qancha toza bo'lsa, shuncha o'ta sovishi katta bo'ladi), sovitish tezligiga (sovitish tezligi ortirishi bilan o'ta sovish darajasi ham ortadi) bog'liq.

Masalan, surmaning nazariy kristallanish (suyuqlanish) harorati  $631^{\circ}\text{C}$  ga teng, o'ta sovish darajasi esa  $\Delta T = 41^{\circ}\text{C}$  ga yetishi mumkin. U holda amaliy kristallanish harorati  $631 - 41 = 590^{\circ}$  ga teng bo'ladi.

Ko'pchilik metallar uchun kristallanish vaqtida o'ta sovish darajasi juda kichik bo'ladi.

Yuqorida aytganimizdek, **kristallanish** – metallar atomlarining tartibsiz harakatdagi suyuq holatdan atomlari tartibli joylashgan barqaror holatga o'tish jarayoni, deb tushuniladi. Kristallanish tizim ko'proq termodinamik barqaror holatiga o'tish sharoitida o'tadi (eng kam energiya bilan).

Metallni suyuq holatdan kristallik holatga o'tish jarayonini vaqt-harorat koordinatalarida quyidagicha ko'rsatish mumkin (2.7-rasm).



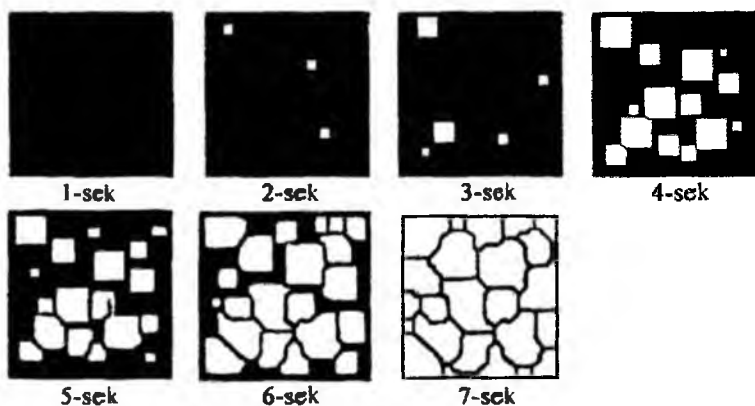
2.7-rasm. Toza metallni sovitish diagrammasi:

$T_{naz}$  – nazariy kristallanish harorati.

$T_{amal}$  – amaliy kristallanish harorati.

Birinchi nuqtagacha metall suyuq holda soviydi, sovish jarayoni haroratni tekkis pasayishi bilan kuzatiladi. 1–2 uchastkada kristallanish jarayoni boradi, issiqlik ajralib chiqadi. Bu issiqlikni **kristallanishning yashirin issiqligi** deb ataladi. Bu issiqlik tashqi muhitga tarqaladi. Shuning uchun harorat o'zgarmay doimiy turadi. Kristallanish to'la tugaganidan so'ng (ikkinchi nuqta), metall endi qattiq holatda soviydi. Ma'lum haroratgacha sovitilganda suyuq metalda kristallchalar (mayda zarrachalar) hosil bo'la boshlaydi – bular **kristallanish markazlaridir**. Bularning o'sishi uchun metallni erkin energiyasi kamayishi kerak; aks holda tugunlar erib ketadi.

Kristallanish jarayoni ikki bosqichdan iborat: 1 – kristallanish markazlarining hosil bo'lishi; 2 – kristallarning o'sishi (yuqorida hosil bo'lgan markazlar atrofida). Shuni ta'kidlash lozimki bu davrda yangi markazlar paydo bo'la boshlaydi. Kristallanish mexanizmi modeli quyidagi rasmda ko'rsatilgan.



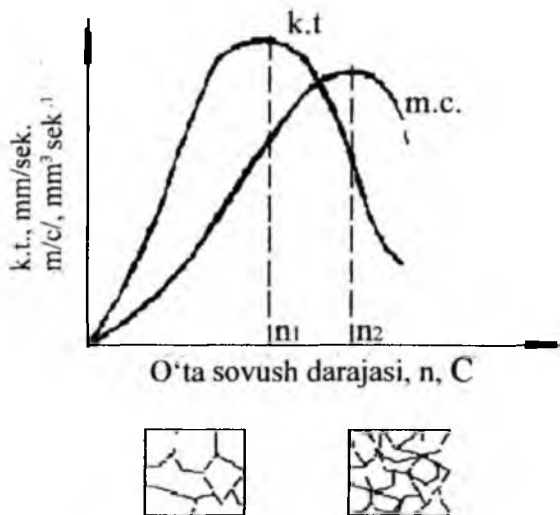
**2.8-rasm. Kristallanish jarayoni modeli.**

Hosil bo'lgan kristallanish markazlari yoqlaridan kristallar o'sa boshlaydi. Kristallanish markazlari hosil bo'lishida suyuq metalldagi begona zarrachalar ham katta rol o'ynaydi.

Dastlabki paytlarda kristallar o'z geometrik shakllarini saqlagan holda bemalol o'sadi. O'sayotgan kristallar bir-birlari bilan uchrash-

gan joyda o'sishdan to'xtaydi va to'siqlar yo'q tomonga qarab o'sa boshlaydi. Geometrik shakl buziladi. Bunday kristall donalar **kristallitlar** deyiladi.

Qotishmalarda hosil bo'ladigan donalarning o'lchamlari kristallanish markazlari soni (MS) bilan kristallanish tezligiga (KT) bog'liq bo'ladi. 2.9-rasmda kristallanish o'sish tezligi va markazlar sonlarining o'ta sovish darajasiga bog'liqligi ko'rsatilgan.



**2.9-rasm. Markazlar soni va o'sish tezligini o'ta sovish tezligiga bog'liqligi.**

**Keskin sovish darajasi (n)** ortishi bilan, n-ning (MS.) qiymati maksimumga erishadi. n kichik bo'lganda K.T. va MS larning ortishiga sabab shuki, muvozanat temperaturasi (T)gi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazalar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada, kristallanish tezlashadi. n ortishi bilan zarrachalar harakatlanuvchanligi pasayadi (MS va KT pasayadi).

Agar MS katta va KT kichik bo'lsa (n) hosil bo'ladi. "n" juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi, kristallar hosil bo'ladi. "n" bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar dendrit shaklini oladi.

(kristallar, asosan fazoviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi) "n" ancha katta bo'lsa, sferoid shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

O'ta sovish darajasi ( $\Delta T$ ) ortishi bilan, uning qiymati  $t_1$  va  $t_2$  ga yetganda, kristallanish tezligining (KT) va markazlar sonining (MS) qiymatlari maksimalga yetadi.  $\Delta T$  kichik bo'lganda kt va ms larining ortishiga sabab shuki, muvazanat harorati ( $T_m$ ) yaqinida suyuqlikning harakatlanganligi yuqori bo'lib, suyuq va qattiq fazalar erkin energiyalari farqi katta bo'ladi. Natijada kristallanish tezlashadi.

$\Delta T$  ortishi bilan zarrachalar harakatini pasayadi hamda MS va KTLar kamayadi.

Agar MS katta, KT kichik bo'lsa, **mayda** kristallar hosil bo'ladi. Aksincha, MS kam, KT yuqori bo'lsa **yirik** kristallar hosil bo'ladi.

$\Delta T$  juda kichik bo'lsa, muntazam geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi.  $\Delta T$  bir qadar kattaroq bo'lsa, kristallar **dendrit** shaklini oladi, ya'ni kristallar fazoviy kristall panjaraning asosiy o'qlariga mos yo'nalishda o'sadi.  $\Delta T$  katta bo'lsa, **sferoid** shaklidagi kristallar hosil bo'ladi.

Kristallanish jarayonini boshqarib mayda donali strukturani olish mumkin. Buning uchun suyuq metallarga qo'shimcha tashqi **moddalar – modifikatorlar** qo'shiladi. Jarayon **modifikatsiyalash** deb ataladi.

Modifikatorlar ta'sir etish mexanizmiga qarab ikki xil bo'ladi.

1. Modda suyuq metallda erimaydi: qo'shimcha kristallanish markazi sifatida xizmat qiladi (karbidlar, oksidlar);

2. Yuza aktiv moddalar –bular metallda eriydigan o'sayotgan kristallar ustiga o'tirib olib, uni o'sishiga to'sqinlik qiladi.

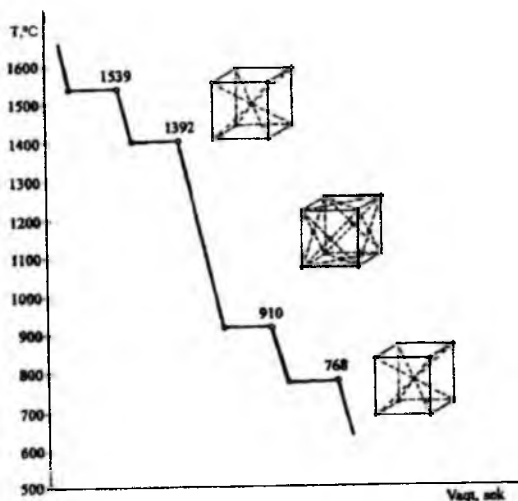
## 2.4.Temirning kristallanishi

Soft temir uchun uning erish temperaturasi  $t_{erish} = 1539^\circ\text{C}$  bo'ladi. Qotayotgan temirda har bir kritik nuqtada allotropik o'zgarish yuz beradi (2.10-rasm).

Alfa–temir  $911^\circ\text{C}$  dan past va  $1392^\circ\text{C}$  dan  $1539^\circ\text{C}$  gacha haroratlarda oralig'ida mavjud va hajmi markazlashgan kub panjaraga ega



boladi. Gamma–temir 911°C bilan 1392°C haroratlar oralig‘ida mavjud bo‘ladi, yoqlari markazlashgan kub panjaraga ega.



## 2.10 - rasm. Temirning sovish egri chizig‘i kristall panjarasi o‘zgarishi.

**Kristallar** – uch o‘lchamli, davriy atom strukturasi ega bo‘lgan qattiq jism bo‘lib, hosil bo‘lishi uchun bir xil sharoitlarda, simmetrik ko‘p qirraliklar ko‘rinishidagi tabiiy shaklga ega.

Kristallanish, ya‘ni kristallar hosil bo‘lishi, xona muhit (suyuqlik, gaz, qattiq jism) da termodinamik muvozanat buzilganda kechadi. Kristallanishning bir xil (muvozanat) shartlari kristallanuvchi modda holatlariga oid termodinamik parametrlarning asta o‘zgarishiga mos keladi, oraliq holatlarni esa, bir xil – muvozanatli deb hisoblash mumkin.

**Kristall panjara** – kristallarda zarralarning (atomlar, ionlar, molekulalar) muntazam joylashuvi bo‘lib, uch o‘lchamda davriy tarzda takrorlanishi bilan tavsiflanadi. Zarralarning uch o‘lchamli davriyligida tortishish va itarish kuchlari muvozanatlashadi va bu, qattiq jismning minimal potensial energiyasiga mos keladi. Kondensatsiyalangan holatdagi moddalar uchun (suyuq va qattiq

agregat holatda bo'lgan) qo'shni zarralarning joylashuvida moslashuvchanlik xos – katta masofalarda namoyon bo'ladigan eng “yaqin tartib” atomlararo tartib bilan qiyoslanganlik. Kristall moddalar “uzoq tartib”ga ega, ya'ni bitta strukturaviy element kristall panjarasining yuzlab, minglab davri davomida, hamma yo'nalishlar bo'yicha qat'iy takrorlanuvchanlikka ega.

## 2.5. Materiallarning xossalari

Ko'pchilik materiallar va ulardan tayyorlangan buyumlar ishlatilish jarayonida tashqi kuch va yuklanishlar ta'sirida bo'ladi. Misol sifatida po'latdan tayyorlangan avtomobil valini yoki aluminiy qotishmasidan yasalgan samolyot qanotini aytishimiz mumkin. Barcha holatlarda ularni to'g'ri loyihalash va keragidan ortiq deformatsiyalanishi oqibatida sinish ro'y bermasligi uchun materiallar xossalari bilish zarur. Mexanik xossa deganda, materialga yuklangan yuk (yoki deformatsiya)ga bardoshliligi tushuniladi. Asosiy mexanik xossalarga qattqlik, mustahkamlik, plastiklik va o'ta qattqlik kiradi.

Materiallar mexanik xossalar buyumni real yuklanish holatini aks ettiruvchi mustahkam loyihalangan va tayyorlangan laboratoriya jihozlarida sinaladi. Buyumlar cho'zish, siqish yoki surishga sinalayotganda ta'sir etayotgan kuch doimiy yoki vaqt davomida o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Yuklangan kuch soniya yoki bir necha soat va yillar davomida ta'sir ettirilishi mumkin. Yuklanish ta'siri davomida yana bir muhim omil bu temperatura hisoblanadi.

Muhandisning asosiy vazifasi buyumda real ish sharoitida, unda kuchlanish va deformatsiyaning taqsimlanishini hisoblay olishidir. Bu hisoblar buyumlarning kuchlanganlik holatlarining nazariy tahlili yoki sinov o'tkazish usullari tavsiyalari bilan birga olib boriladi.

Bunday masalani yechish uchun materiallar mikrostrukturasi (ichki tuzilishi) va mexanik xossalari o'rtasidagi o'zaro aloqani tushunish zarur.

Konstruksiyada foydalanish uchun materialni tanlashda uning hamma mexanik xarakteristikalari kompleksiga e'tibor berish kerak. Ushbu bobda metallar, keramika va polimerlarning mexanik xarak-

teristikalarini aniqlovchi defarmatsion xossalari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, muhim bo'lgan mexanik parametrlar muhokama qilinadi.

Metall va qotishmalarning *xossalari* deganda, kimyoviy, fizik, mexanik va texnologik xossalari tushuniladi.

**Kimyoviy xossalari.** Kimyoviy jarayonlar natijasida qotishma strukturasi o'zgarishi kimyoviy xossalarni ifodalaydi.

Metallar va qotishmalarning kimyoviy xossalari oksidlanishiga yoki turli moddalar: havodagi kislorod, kislota hamda ishqor eritmaları va boshqalar bilan birikishiga qarshi tura olish xususiyatiga qarab xarakterlanadi. Metall boshqa elementlar bilan qancha oson birikishga kirishsa, u shuncha tez yeyiladi. Metallarning tashqi agressiv muhit ta'siridan kimyoviy yemirilishiga *korroziyalanish* deyiladi. Metallarning korroziyaga, kuyindi hosil bo'lishiga va erishiga qarshiligi vaqt birligi ichida sirt birligiga to'g'ri keladigan tekshirilayotgan namuna massasining o'zgarishi bilan belgilanadi. U yoki bu buyumlarni tayyorlashda metallarning kimyoviy xossalari albatta hisobga olinadi. Bu ayniqsa, kimyoviy agressiv muhitlarda ishlatiladigan buyum va detallarga taalluqlidir.

Buyumlar tayyorlashda mavjud materiallarni qayta ishlash imkoniyatlari qanday darajada ekanligi materialning *texnologik xossasi* deyiladi. Qotishmalarning sovuqlayin yoki qizdirib ishlanuvchanligi, quyish, payvandlash, bolg'alash, kesib ishlashga qulayligi texnologik xossalarini belgilaydi. Materialning xossalarini bilgan holda buyum yasashning texnologik jarayonlarini loyihalash mumkin.

Kesib ishlanuvchanlik eng muhim texnologik xossalaridan biri hisoblanadi, chunki ko'pgina tayyorlanmalar, shuningdek, payvandlab tayyorlangan uzal va konstruksiyalarning detallariga mexanik ishlov beriladi. Ba'zi metallarga osongina ishlov berib toza va silliq sirt hosil qilish mumkin. Qattiqligi past bo'lgan juda qovushqoq metallar ham yomon ishlanadi. Sirtida tiralgan joylar sodir bo'lib, g'adir-budur chiqadi. Ishlov berishni yaxshilash uchun, masalan, po'lat termik ishlanadi, bu bilan uning qattiqligi yo oshiriladi yoki kamaytiriladi ishlovga moslashtiriladi.

**Payvandlanuvchanlik** metallarning xossalari asosiy metall xossalari-ga yaqin turgan payvand birikmalar hosil qila olish xususiyatidir. U payvandlangan namunani egish va cho'zishga sinab ko'rib aniqlanadi.

**Bolg'alanuvchanlik** metallga sovuqlayin yoki qizdirilgan holatda uni yemirilish alomatlarisiz bosim ostida ishlov berish xususiyatidir. Bolg'alanuvchanlik namunani berilgan darajagacha deformatsiyalab, temirchilik usulida bolg'alab aniqlanadi. Namunaning cho'kish balandligi, odatda, uning ikkilangan diametriga teng bo'lishi kerak. Agar uning yon sirtida darzlar paydo bo'lmasa, bunday namuna sinovga bardosh bergan, tekshirilayotgan metall esa bosim ostida ishlov berishga yaroqli hisoblanadi.

**Materiallarning quyilish xossalari** ularning darzsiz, bo'shliqsiz va boshqa nuqsonlarsiz quyma hosil qila olish xususiyatini xarakterlaydi. Asosiy quyilish xossalari-ga suyuq holatda oquvchanlik, kirishuvchanlik va likvatsiya kiradi.

Suyuq holatda oquvchanlik suyultirilgan metallning quyish qolipi bo'shlig'ini yaxshi to'ldirish xususiyatidir.

Kristallanishda kirishuvchanlik suyuq holatdan qattiq holatga o'tishda metall hajmining kamayishidir. U quymalarda kirishuvchanlik bo'shliqlari va g'ovaklari hosil bo'lishiga sabab bo'ladi.

Likvatsiya qotishmalarning kristallanishda paydo bo'ladigan kimyoviy tarkibining bir jinsli emasligidadir. Bu qotishmalar toza metallarga qaraganda qat'iy bir temperaturada emas, balki temperatura oralig'ida kristallanishi bilan tushuntiriladi. Qotishmaning kristallanish temperatura intervali qancha katta bo'lsa, likvatsiya shuncha tez rivojlanadi. Bunda kristallanish temperatura oralig'iga kuchli ta'sir qiladigan qotishma komponentlari(oltingugurt, kislorod, fosfor, uglerod) po'lat uchun likvatsiyaga ko'proq moyil bo'ladi.

Ilgiluvchan metall va qotishmalarning texnologik xossalarini bukiluvchanligini va takror bukiluvchanligini sinash, botiluvchanligini sinash, cho'kuvchanligini sinash, yassilanuvchanlik, o'raluvchanlik, buraluvchanlik va boshqa xossalarini sinash usullari bilan aniqlanadi.

**Fizik xossalari.** Metallarning fizik xossalari-ga uning rangi, zichligi, suyuqlanish temperaturasi, issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqdan

kengayuvchanligi, issiqlik sig'imi, elektr o'tkazuvchanligi, magnit xossalari va boshqalar kiradi.

Metall rangi deb, ma'lum to'lqin uzunligidagi yorug'lik nurini qaytarish xususiyatiga aytiladi. Masalan, mis pushti – qizil rangli, aluminiy esa kumushsimon oq rangli bo'ladi.

Metallning zichligi hajm birligida joylashgan massa bilan xarakterlanadi. Zichligiga ko'ra barcha metallar yengil ( $4500 \text{ kg/m}^3$  dan kam) va og'ir xillarga bo'linadi. Turli buyumlar yaratishda metall zichligi muhim rol o'ynaydi. Masalan, samolyot va raketaso'zlikda juda yengil metall (aluminiyli, magniyli, titanli) va qotishmalardan foydalanishga harakat qilinadi. Bu buyum massasini kamaytirish imkoniyatini beradi.

Suyuqlanish temperaturasi deb, metall qattiq holatdan suyuq holatga o'tadigan temperaturaga aytiladi. Suyuqlanish temperaturasi-ga qarab qiyin suyuqlanadigan (volfram  $3416^\circ\text{C}$ , tantal  $2950^\circ\text{C}$ , titan  $1725^\circ\text{C}$  va boshqalar) va oson suyuqlanadigan (qalay  $232^\circ\text{C}$ , qurg'oshin  $372^\circ\text{C}$ , rux  $419^\circ\text{C}$ , aluminiy  $660^\circ\text{C}$ ) metallar bo'ladi. Quyma buyumlar, payvandlanadigan va kavsharlanadigan birikmalar termoelektrik uskunalari va boshqa buyumlar tayyorlash uchun metall tanlashda suyuqlanish temperaturasi katta ahamiyatga ega. SI birliklar sistemasida suyuqlanish temperaturasi Kelvin (K) shkalasida ifodalanadi.

Metallning issiqlik o'tkazuvchanligi deb, uning ko'p qizigan qismidan kam qizigan qismiga issiqlik o'tkazish xususiyatiga aytiladi. Kumush, misning ko'p issiqlik o'tkazuvchanligi aluminiyga nisbatan besh marta kichikdir. Detallar uchun materiallar tanlashda issiqlik o'tkazuvchanlik katta ahamiyatga ega. Masalan, metall issiqlikni yomon o'tkazsa, u qizdirilganda yoki tez sovitilganda (termik ishlov berishda, payvandlashda) unda darzlar paydo bo'ladi. Mashinalarning ayrim detallari (motorlarning porshenlari, turbinalarining kurakchalari) issiqlikni yaxshi o'tkazadigan materiallardan tayyorlanishi kerak. SI birliklar sistemasida issiqlik o'tkazuvchanlik  $\text{Wt/(m}\cdot\text{K)}$  bilan o'lchanadi.

Metallning issiqdan kengayuvchanligi deb, qizdirilganda uning o'lchamlarining kattalashish, sovitilganda esa kichrayish chiziqli

kengayish koeffitsiyenti xususiyatiga aytiladi. Metallarning issiqdan kengayuvchanligi payvandlashda, bog‘lanishda hamda qizdirib hajmiy shtamplashda, quyish qoliplari, shtamplar, prokat valiklari, kalibrlar tayyorlashda, aniq birikmalar hosil qilishda hamda priborlarni yig‘ishda, ko‘prik fermalar qurishda, temir yo‘l relslarni yotqizishda hisohga olinishi kerak. Metallning issiqlik sig‘im deb, qizdirilganda uning ma‘lum miqdordagi issiqlikni yutish xususiyatiga aytiladi. Issiqlik sig‘imi SI birliklar sistemasida J/kgK bilan o‘lchanadi. Turli metallarning issiqlik sig‘imi ularning solishtirma issiqlik sig‘imi miqdoriga qarab solishtiriladi. Solishtirma issiqlik sig‘imi 1 kg metall temperaturasini 10°C ga ko‘tarish uchun kerak bo‘ladigan, kilo kaloriyada ifodalangan issiqlik miqdoridir (u SI birliklar sistemasida J/kg K) bilan o‘lchanadi.

Metallarning elektr tokini o‘tkazish xususiyati ikkita o‘zaro qarama-qarshi xarakteristikalar elektr o‘tkazuvchanlik va elektr qarshiligi bilan belgilanadi. Elektr o‘tkazuvchanlik SI birliklar sistemasida siemens (Sm) da, solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik Sm/m da, shunga o‘xshash elektr qarshiligi esa Om/m da o‘lchanadi.

**Mexanik xossa.** Qotishmalarning tashqi kuchlar ta‘siriga qarshilik ko‘rsata olishi mexanik xossasini ifodalaydi. Asosiy mexanik xossalarga qattqlik, mustahkamlik, qovushqoqlik, nisbiy uzayish va torayish kiradi. Metallarning tashqi kuchlar ta‘siriga qarshilik xususiyati uning mexanik xossalari bilan xarakterlanadi. Shuning uchun ham metall konstruksiyalarini tayyorlash uchun material tanlashda avvalo uning mexanik xossaloriga, ya‘ni mustahkamligi, elastikligi, plastikligi, zarbiy qovushqoqligi, qattqligi va chidamliligiga e‘tibor berish kerak. Bu xossalalar metallga tashqi kuch ta‘sir ettirib, mexanik sinovlar natijalariga qarab belgilanadi. Tashqi kuchlar statik, dinamik yoki siklik (takror o‘zgaruvchan) bo‘lishi mumkin.

Qotishmaning o‘z sirtiga undan qattiqroq jism botishiga qarshilik ko‘rsatishi *qattqlik* deyiladi. Qattqlikni aniqlashning bir necha usullari mavjud. Brinell, Rokvell, Vickers usullari va h.k. Brinell usulida (DSt 9012–59) qattqligi 450 birlikkacha bo‘lgan qotishmalar qattqligi aniqlanadi. Qotishma xiliga va qalinligiga ko‘ra diametri 2, 5, 10 mmli toblangan po‘lat sharcha namunaga 187,5, 750 va 3000 kg kuch

bilan asta-sekin botiriladi. Sharchaning namuna yuzasida qoldirgan izi diametriga ko‘ra qotishmaning qattiqligi aniqlanadi (2.11-rasm).

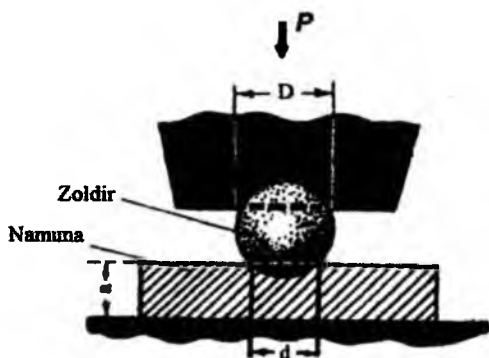
Qotishmaning Brinell bo‘yicha qattiqligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

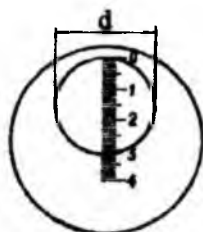
bu yerda,  $D$  – sharchaning diametri, mm;

$d$  – sharchaning namunada qoldirgan izi diametri, mm.

Sharcha izining diametri maxsus lupa (2.12-rasm) yordamida o‘lchanadi.



2.11-rasm. Namuna qattiqligini Brinell usulida aniqlash.



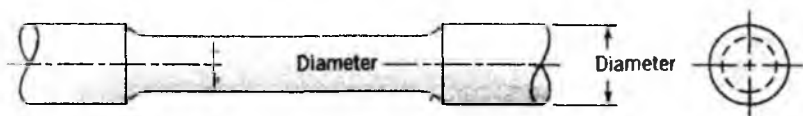
2.12-rasm. Brinell lupasi.

Qattiqligi yuqori bo‘lgan (toblangan, sementitlangan) materiallar qattiqligi Rokvell usulida (DSt 9013–59) aniqlanadi.

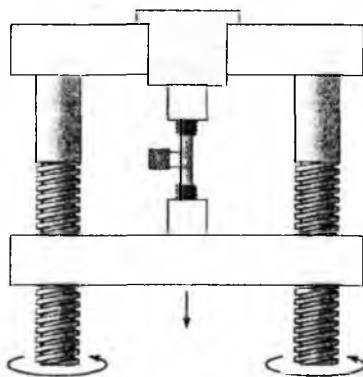
Rokvell usulining Brinell usulidan farqi shundaki, bu usulda qat-tiqlik zoldir qoldirgan izning yuzi bilan emas, balki namunaga bo-tirilgan olmos konus yoki toblangan po‘lat sharcha qoldirgan izning chuqurligi bilan aniqlanadi. Rokvell usulida namunaga ta’sir etuv-chi kuch va botiriladigan uchlik material xiliga ko‘ra o‘zgartiriladi. Rokvell usulida qat-tiqlik sinash jarayonining o‘zida indikator shka-lasidan aniqlanadi. Indikator shkalasi qora va qizil rangda bo‘ladi.

Olmos konus qo'yilib, kuch 60 va 150 kG bo'lganda qattqlik C (qora) shkaladan o'qiladi. Ta'sir ettirilgan kuch 60 kG bo'lganda qattqlik HRA bilan 150 kG bo'lganda esa HRC bilan belgilanadi. Botiriladigan uchlik po'lat zoldir, kuch 100 kg bo'lganda qattqlik B (qizil) shkaladan o'qiladi va HRB bilan belgilanadi.

Qotishmalarning *cho'zilishdagi mustahkamligini* sinash amalda keng tarqalgan bo'lib, bunda uning elastik va plastik xossalarini aniqlash mumkin. Buning uchun maxsus namuna (2.13-rasm) tayyorlanib, sinash mashinasi (2.14-rasm) qisqichlariga mahkamlanadi. Mashina yurgizilgach, asta-sekin oshib boruvchi kuch ta'sirida namuna cho'zila boshlaydi. Kuch ma'lum qiymatga yetgach, namunaning biror qismi ingichkalashib bo'yincha hosil bo'ladi va uziladi (2.15-rasm).



**2.13 - rasm. Qotishmaning cho'zilishdagi mustahkamligini aniqlashda ishlatiladigan namuna<sup>8</sup>.**

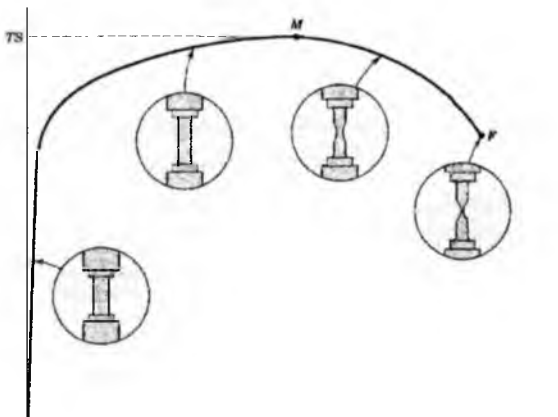


**2.14 - rasm. Cho'zilishga sinash mashinasi<sup>8</sup>.**

<sup>8</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014, 172-bet.



Namunani sinashda u uzilmay chidash bergan eng katta (maksimal) kuch ( $R$ ) ning, shu namuna ko'ndalang kesimi yuzi ( $F$ ) ga nisbati qotishmaning *cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi* deyiladi.



**2.15-rasm. Namunani cho'zilishga sinashdagi deformatsiya egri chizig'i<sup>8</sup>.**

An'anaviy materiallarni buzilish  $F$  nuqtasigacha o'zini tutishi eksperimental deformatsiya egri chizig'i keltirilgan. Mustahkamlik chegarasi  $M$  nuqta bilan belgilangan. Sxematik ravishda deformatsiyalanish egri chizig'ida deformatsiyalanishning turli bosqichlarida namunalarning doira ichida tashqi ko'rinishi va shakillari xarakteri ko'rsatilgan.

Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi quyidagi matematik ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

$P_b$  – sinashdagi eng katta kuch, kg;

$F_0$  – namunaning sinashdan oldingi ko'ndalang kesimi yuzi, mm<sup>2</sup>.

Qotishmaning cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlash orqali plastik xossalarni nisbiy cho'zilishi va torayishini ham aniqlash mumkin. Qotishmaning nisbiy uzayishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

bu yerda,  $l_0$ —namunaning deformatsiyalanishdan oldingi uzunligi, mm;  $l_1$ —namunaning deformatsiyalanishdan keyingi uzunligi, mm.

Qotishmaning nisbiy torayishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%$$

bu yerda,  $F_0$ —namunaning sinashdan oldingi koʻndalang kesimi yuzi, mm<sup>2</sup>;  $F_1$ —namunaning choʻzilgandan keyingi koʻndalang kesimi yuzi, mm<sup>2</sup>.

Qotishmaning zarb kuchlariga taʼsiriga sinmay qarshilik koʻrsatishi *zarbiy qovushqoqligi* deyiladi. Zarb kuchlari taʼsirida boʻladigan buyumlar (tirsakli vallar, shatun, porshen, vagon oʻqlari) dinamik kuchlar taʼsirida ishlaydi. Zarbiy qovushqoqlikka sinaladigan qotishmalardan maxsus namuna (DSt 9454 – 78) tayyorlanadi va mayatnikli kopyorda sindiriladi. Namunani sindirish uchun sarflanadigan  $A$  ishning, namunaning singan joyi koʻndalang kesimi yuzi  $F$  ga nisbati zarbiy qovushqoqlikni beradi va quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$\alpha_H = \frac{A}{F} = \frac{Ql(\cos \beta - \cos \alpha)}{F}$$

bu yerda,  $Q$  – mayatnik ogʻirligi, kg;  $l$  – mayatnik radiusi, mm;  $a$ – mayatnikning zarbgacha koʻtarilish burchagi;  $b$ – mayatnikning zarbdan keyingi koʻtarilish burchagi.

Qotishmaning tuzilishini oddiy koʻz, lupa hamda mikroskop yordamida tekshirish *makroanaliz* va u material makronuqsonlarini baholashda qoʻllaniladi. Makronuqsonlarga darzlar, gʻovaklar, qotishmada baʼzi elementlarning notekis taqsimlanishi (likvatsiya) kabi nuqsonlar kiradi.

Sinish yuzalarini oʻrganish ham makroanalizga kiradi. Sinish uch turga boʻlinadi. Agar siniq yuzasi gʻadir-budur boʻlsa, buyum materiali deformatsiyaga uchramasdan, moʻrt sinadi. Siniq yuzasi yaltiroq boʻlib, yuzada sinish markazi vujudga kelib, shu markazdan

sinish chiziqning yoʻnalishi koʻrinib tursa, *qovushqoq sinish* deyiladi. Bunday sinish juda katta deformatsiya natijasida sodir boʻladi. *Toliqish natijasida sinish* ham qovushqoq sinish kabi sodir boʻladi va darz paydo boʻlishi, uning kattalashishi buyumning sinishi bilan yakun topadi.

Qotishmalarning ichki tuzilishini oʻrganish *mikroanaliz* deyiladi. Mikroanaliz orqali donalar tarkibini, ulardagi nuqsonlarni, dislokatsion tuzilishni, donalar oʻlchamlarini aniqlash mumkin. Buning uchun 1500–2000 marta katta qilib koʻrsatadigan optik yoki elektron mikroskoplar ishlatiladi. Elektron mikroskoplar buyumni 100 000 dan 500 000 martagacha kattalashtirib koʻrsatadi. Elementar kristall panjara turlari rentgen nurlari taʼsirida oʻrganiladi. Kristall panjaradagi atomlar joylashuvi, panjara parametrlari va dislokatsiya zichligi kabi kattaliklar rentgenografiya usulida oʻrganiladi.

**Texnologik xossalari.** Metall va qotishmalarning texnologik xossalari ularning texnologik ishlanuvchanligi bilan bogʻliq xossalari: kirishuvchanlik, quyuluvchanlik, suyuq holatda oquvchanlik, bolgʻalanuvchanlik, payvandlanuvchanlik va kesib ishlanuvchanlik va boshqa xossalari kiradi. Bu xossalari haqida alohida toʻxtalib oʻtamiz.

Qolipning oʻlchamlari va shu qolipda quyish yoʻli bilan hosil qilingan quymaning oʻlchamlari orasidagi farq kirishuvchanlik deyiladi. Kirishuvchanlik foizlarda ifodalanadi. Qotishmalarning kirishuvchanligi bir-biridan farq qiladi va maʼlum kattalikka ega boʻladi. Choʻyanlar uchun kirishuvchanlik 1,5–1,75% ni tashkil etsa, bu kattalik poʻlatlar uchun 1,4–2,2%, kulrang choʻyan 0,5–1,25 %, mis qotishmalari 0,8–1,6%, aluminiy qotishmalari 0,3–1,2% va magniy qotishlari 0,3–1,2% ni tashkil etadi. Poʻlatlarda quyuluvchanlik nisbatan yomonroq boʻladi.

Suyuq holatda oquvchanlik quymakorlik qotishmalarining muhim texnologik xossalaridan biri hisoblanadi. Metall va qotishmalarning suyuq holatda qolipni toʻldirish xossasiga suyuq oquvchanlik deyiladi. Metall va qotishmalarning suyuq holatda oquvchanligi qanchalik yuqori boʻlsa, u suyuqlantirilganda qolipning tor va murakkab joylarini shunchalik yaxshi toʻldiradi.

Metall va qotishmalarni bolg'alash, shtamplash, prokatlash va bosim ta'sirida ishlash natijasida o'z shaklini yemirilmasdan o'zgartirish xossasiga bolg'alanuvchanlik deyiladi. Metall va qotishmalarni bosim ta'sirida ishlash vaqtida u qanchalik yuqori darajada deformatsiyalanib hamda bu deformatsiya uchun zarur kuch qanchalik kichik bo'lsa, uning bolg'alanuvchanligi shunchalik yuqori bo'ladi.

Metall va qotishmalarni payvandlash vaqtida mustahkam va zich birikma hosil qilish xossasiga payvandlanuvchanlik deyiladi. Payvand chokni mexanik xossalari yuqori, strukturasi bir jinsli hamda mayda donali, g'ovak va boshqa nuqsonlardan holi bo'lsa, payvandlanuvchanlik xossasi shunchalik yuqori bo'ladi.

Vaqt birligi ichida eng ko'p yo'nib tushirilgan qirindi miqdori bilan baholanadigan kattalik miqdoriga kesib ishlanuvchanlik deyiladi. Metall va qotishmalarni texnologik xossalarini aniqlash uchun turlicha sinovlar o'tkaziladi. Bu sinovlar murakkab emas va ular standartlashtirilgan. Standartlashtirilgan sinovlar jumlasiga eguluvchanlikga sinash, sovuq holatda cho'kuvchanlikka sinash, botiluvchanlikka sinash va boshqalar kiradi.

**Ekspluatatsion xossalar.** Bu xossalar mashinaning ish sharoitiga bog'liq holda maxsus sinovlari o'tkazib aniqlanadi. Ekspluatatsion xossalardan eng muhim yeyilishga chidamlilik, ya'ni yeyilish bardoshlilikdir.

Yeyilishga chidamlilik materialning yeyilishiga, ya'ni ishqalanish tufayli buyum tashqi sirtining yemirilishidan o'lchami va shaklini asta-sekin o'zgartirishga qarshilik ko'rsata olish xususiyatidir. Metallarni yeyilishbardoshlilikka sinash laboratoriya sharoitida namunalarda, real ekspluatatsiya sharoitida esa detallarda o'tkaziladi. Namunalarni sinashda ishqalanish sharoiti real sharoitga yaqin qilib olinadi. Namuna yoki detallarning yeyilish kattaligini turli usullar bilan, chunonchi o'lchamlarni o'lchash, namunalarni tarozida tortib ko'rish kabi usullar bilan aniqlanadi. Ekspluatatsion xossalariga, shuningdek sovuqbardoshlik, issiqbardoshlik, antifriksion xossalar va boshqalar ham kiradi.

## **Sinov savollari:**

1. Materiallarning mexanik xossalari deganda nimani tushunasiz?
2. Materiallarni qattiqligini sinash nima va uni qanday usullarini bilasiz?
3. Qattiqlikni aniqlashning necha usullari mavjud?
4. Metall va qotishmalarning kimyoviy, fizik, mexanik va texnologik xossalarini tushuntirib bering.
5. Quyuluvchanlik va bog'lanuvchanlik xossalar mohiyatini tushuntirib bering.

### 3-BOB. FAZOVIIY DIAGRAMMALAR

Ikki va undan ortiq elementni suyuqlantirish yoki boshqa usulda olingan jism aralashmasi **qotishma** deyiladi.

Qotishmani komponentlar kukunini aralashtirib yuqori haroratda bosim bilan presslab ham olish mumkin. Agar qotishma massasining 50% dan ko'pi metall bo'lsa, u metall qotishma hisoblanadi. Metall qotishmalarning mustahkamlik va boshqa mexanik xossalari boshqa metallarnikiga nisbatan ancha yuqori. Shuning uchun ham qotishma konstruksion material sifatida keng qo'llaniladi.

Bu bo'limda ikki komponentli qotishmalarning tuzilishi va xossalari xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Bu uch va undan ortiq komponentli qotishmalarni nazariy-amaliy o'rganish uchun asos bo'ladi. Ikkinchi tomondan, ko'p komponentli tizimlarning asosida ikki komponentli tizim mavjud. Masalan, legirlangan po'latlar asosida temir-uglerod qotishmasi yotadi.

Fazoviy diagrammalarni o'rganish maqsadlaridan bittasi-fazoviy diagrammalarni bilish va tushunish, termik ishlovni maqsadli o'tkazish va nazorat qilish uchun muhimdir. Materiallarning juda ko'p xossalari mikrostrukturalariga, ya'ni oldingi termik ishlovlarga bog'liq. Ko'p hollarda fazoviy diagrammalar (muvozanat) holatlar uchun tuzilsa ham, muvozanatda bo'lmagan strukturalarning rivojlanishi va saqlanishi hamda ularning xossalari haqida foydali ma'lumot bera oladi. Aynan ushbu xossalar stabil xossalarga qaraganda amaliyot uchun muhim. Fazoviy diagrammalarni bilish juda zarur, chunki material mikrostrukturasini va uning mexanik xossalari orasida chambarchas bog'lanish mavjud, qotishma mikrostrukturasini shakllanishi esa uning fazoviy diagrammasi bilan belgilanadi. Bundan tashqari fazoviy diagrammalarni o'rganish erish, kristallanish va ular bilan bog'liq jarayonlar haqida muhim ma'lumotlarni taqdim etadi.

#### 3.1 Ta'riflar va asosiy tushunchalar

Birinchi navbatda qotishma, faza va muvozanatlarga tegishli bo'lgan asosiy ta'riflarni kiritish va asosiy tushunchalarni ko'rib chiq-

ish lozim, bu fazoviy diagrammalarni o'rganish va tahlil qilish mumkin emas. Bu sharoitda komponent tushunchasi ko'p ishlatiladi.

**Komponent** deganda sof metall yoki qotishma tarkibiga kiruvchi birikmalar tushuniladi. Masalan, mis va rux qotishmasi bo'lgan bronzada mis va rux komponent hisoblanadi. Bronzaning sifati bir komponentning boshqa bir komponentda eruvchanligi bilan bog'liq.

**Eruvchanlik chegarasi.** Ko'pchilik qotishmalar uchun har bir temperaturada tanlangan erituvchida qattiq qotishma hosil qilib eng ko'p erishi mumkin bo'lgan atomlarning maksimal konsentratsiyasini belgilangan chegara mavjud. Bu chegara **eruvchanlik chegarasi** deb nomlanadi. Bundan tashqari, qo'shilgan eritilayotgan modda boshqa turdagi qattiq qotishmani yoki tarkibi keskin farq qiladigan birikmani hosil bo'lishiga olib keladi.

Fazoviy diagrammalar mazmunini ochib berish uchun faza haqida tushuncha muhim ahamiyatga ega. Materialning ba'zi fizik va kimyoviy ko'rsatkichlari o'zgarimas bo'lgan gomogen (birjinsli) qismi **faza** deb tushuniladi. Har bir sof material alohida faza deb qaralishi mumkin. Bu ta'rif qattiq, suyuq va gazsimon eritmalarga ham tegishli bo'ladi.

Agar tizimda bittadan ko'p har biri o'ziga tegishli xossalarga ega bo'lgan faza mavjud bo'lsa, ular orasida chegara mavjud bo'lib, bu chegarada xossalar uzilishi va tizimning fizik hamda kimyoviy ko'rsatkichlarini keskin o'zgarishi kuzatiladi. Agar tizimda ikkita faza mavjud bo'lsa, ularning hamma xossalari bir-biridan farq qilishi shart emas, bittasi yoki bir nechta farq qilsa yetarli. Masalan, suv-muz tizimda ikkita bir-biridan fizik xossalari farq qiladigan faza mavjud, ammo ularning kimyoviy xossalari bir xil. Agar modda har xil polimorf shakllarini olishi mumkin bo'lsa (masalan, yoqlari markazlashgan va hajmi markazlashgan struktura) bu alohida fazani tashkil qiladi, chunki ularning fizik xossalari har xil bo'ladi.

Ba'zida, bir fazali tizimlarni "gomogen" tizimlar, ikki va undan ko'p fazalardan iborat bo'lgan tizimlarni "aralashma" yoki "geterogen" tizimlar deb nomlaniladi. Ko'pchilik metall qotishmalar, keramika, polimer va kompozitsion materiallar—geterogen tizimlardir. Odatda, fazalar orasida o'zaro ta'siri tizimning xossalari alohida

fazalar xossalaridan farqli bo'lishiga olib keladi va ba'zi hollarda bu holat komponentlar xossalariga qaraganda ijobiy natija bo'ladi.

**Mikrostruktura.** Ko'p holatlarda materialning fizik, shu jumladan mexanik xossalari uning mikrostrukturasi bog'liq bo'ladi. Mikrostruktura optik va elektron mikroskoplar yordamida o'rganiladi. Metall qotishmalarining mikrostrukturasi mavjud fazalar soni, ularning nisbiy tarkibi va fazoda joylashish usuli bilan ajralib turadi. Qotishmalar mikrostrukturasi qotishmani tashkil etgan kimyoviy elementlar hisoblanadi, bu elementlarning nisbiy tarkibi va termik ishlov berish rejimlari (ya'ni temperatura, shu temperaturada qancha vaqt saqlanishi, sovitish tezligi) kabi parametrlarga bog'liq bo'ladi.

**Fazoviy muvozanatlar. Muvozanat** – bu yana bir muhim ibora va uni tushuntirish uchun “erkin energiya”, degan termodinamik kattalikdan foydalanamiz. Qisqa qilib aytganda, **erkin energiya** – bu tizimning ichki energiyasi va entropiya bilan ta'riflanadigan atomlar joylashishini tartibga solinganlik (yoki tartibsizlik) darajasidir. Tizim muvozanatda bo'ladi, qachonki ma'lum temperaturada, bosimda va kompozitsiyaning aniq tarkibida erkin energiya minimal qiymatga ega bo'lsa. Mikroskopik kuzatishlar nuqtayi nazaridan bu – tizim vaqt davomida o'zgarmaydi, bu holatda cheksiz uzoq saqlanadi, ya'ni u stabil degani. Temperaturani, bosimni yoki tarkibni o'zgarishi ichki energiyani o'zgarishiga olib keladi va tizim boshqa erkin energiyasi minimal bo'lgan holatga o'z-o'zidan o'tishi mumkin.

«**Fazoviy muvozanatlar**» termini mazmuni – fazalar soni bittadan ko'p bo'lgan tizimda muvozanat mavjudligidir. Fazoviy muvozanat degani fazalar ko'rsatkichlari vaqt davomida o'zgarmaydi degani.

Fazoviy diagrammalar u yoki bu tizimdagi muvozanat holatini tasvirlaydi. Bular muhimdir, lekin qancha vaqt kerak yangi muvozanat holatiga o'tish uchun degan savolga javob bermaydi. Ko'pchilik holatlarda (ayniqsa qattiq materiallar uchun) muvozanatga umuman erishib bo'lmaydi, chunki muvozanatga o'tish tezligi juda ham kichik. Bunday holatlar uchun tizim nomuvozanat yoki metastabil holatda deb aytiladi. **Metastabil** holat va unga yarasha mikrostruktura vaqt davomida sezilarsiz o'zgarishlar bilan cheksiz



uzoq kuzatilishi mumkin. Tizimning metastabil holatlari ko'pincha amaliy jihatdan stabil holatlardan muhimroqdir.

### 3.2. Binar tizimlarning fazoviy diagrammalari

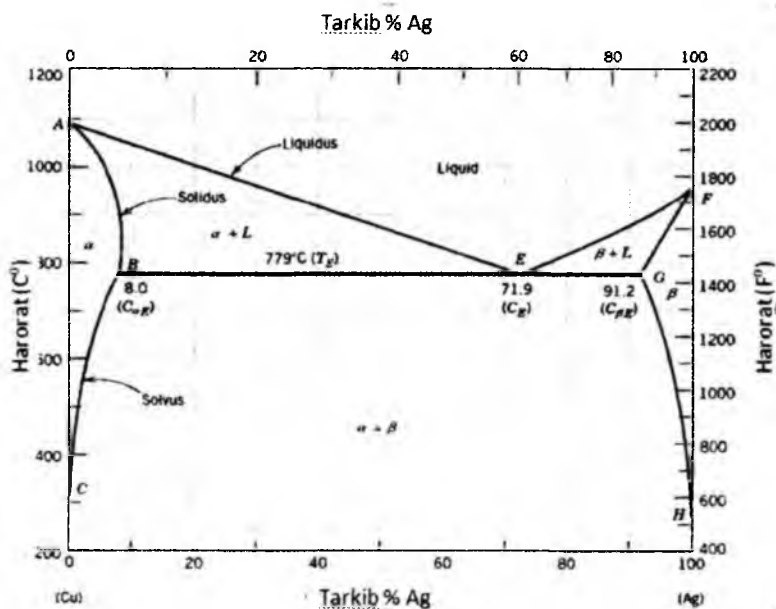
U yoki bu tizimning fazoviy tuzilishiga tegishli asosiy ma'lumotlar qismi lo'nda qilib fazoviy diagrammalarda o'z aksini topgan. **Fazoviy diagrammaning** ko'rinishini belgilaydigan uchta parametr mavjud: temperatura, bosim va tizim tarkibi. Fazoviy diagramma ushbu bir-birining funksiyasi hisoblangan parametrlarning o'zaro bog'liqligini hisobga olib quriladi.

Fazoviy diagrammalarning "temperatura-tarkib" koordinatalarda qurilgan bog'lanishlar turini ko'rib chiqaylik, bosim bu holda o'zgarmas deb, odatda 1 atmosferaga teng qilib, olinadi. Bunda har xil variantlar paydo bo'lishi mumkin. Agar tizimga ko'proq komponentlar kirgan bo'lsa, bular uchun fazoviy diagrammalar juda murakkab bo'ladi va ularni grafik ko'rinishda tasvirlash qiyin bo'ladi. Shunga qaramasdan bunday diagrammalarning qurilishi va tahlil qilinishi binar qotishmalar misolida yaqqol ko'rsatish mumkin, lekin shuni ham aytish kerakki, real (amaldagi) qotishmalarda komponentlar soni ikkidan ko'p bo'ladi.

Binar tizimlarning fazoviy diagrammalari – bu fazalarning muvozanat holatlarining sohalarini ko'rsatib turadigan tizim tarkibi va temperatura bog'lanishlarni ta'riflaydigan xaritalar. Ko'pchilik mikrostrukturalar temperaturani o'zgartirish (odatda sovitish) yo'li bilan amalga oshadigan fazoviy o'tishlarda hosil bo'ladi. Bunday o'tishlar bir fazadan ikkinchisiga o'tishdan yoki birorta fazani paydo bo'lish (yo'qolish) jarayonlardan iborat bo'lishi mumkin. Binar tizimlarning fazoviy diagrammalarini tahlili fazoviy o'tishlarni va hosil bo'ladigan muvozanat va nomuvozanat mikrostrukturalarni oldindan aytish imkoniyatini beradi.

Binar qotishmalarining keng tarqalgan turi mis-kumush tizimi-ning fazoviy diagrammasini ko'rib chiqaylik (3.1-rasm). Bunday diagrammalar binar evtetik tizimlarning diagrammalari deb nomlanadi. Bu fazoviy diagrammaning ba'zi xususiyatlari umu-

miy ahamiyatga ega va muhokamaga sazovordir. Birinchidan diagrammada uchta bir fazali sohani ajratib olish mumkin:  $\alpha$ ,  $\beta$  va suyuqlik, ham  $\alpha$  – faza bu misga to‘yingan qattiq eritma. Kumush bu holda begona qo‘shimcha bo‘lib, eritma esa umuman yoqlari markazlashgan panjaradan iboratdir.  $\beta$  – fazada asosiy komponent kumush bo‘lib, bu faza ham yoqlari markazlashgan panjaradan iborat. Sof mis va kumush  $\alpha$  va  $\beta$  fazalarga tegishlidir.



3.1 - rasm. Mis-kumush qotishmaning faza diagrammasi<sup>9</sup>.

Shunday qilib har bir fazada eruvchanlik chegaralangan bo‘ladi. Shuning uchun BEG chiziqdan pastda kumush misda chegaralangan miqdorda erib,  $\alpha$  – fazani hosil qiladi. Xuddi shunday mis ham kumushda chegaralangan miqdorda erib,  $\beta$  – fazani hosil qiladi.  $\alpha$  – faza uchun eruvchanlik chegarasi  $\alpha+L$ ,  $\beta+L$  va  $\alpha+\beta$  sohalar orasida

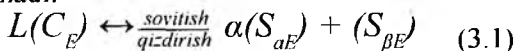
<sup>9</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 313-bet

SVA chegaraviy chiziq bilan belgilanadi. Temperatura  $779^{\circ}\text{C}$  ( $1434^{\circ}\text{F}$ ) gacha ko'tarilganda eruvchanlik oshib boradi va V nuqtada maksimal eruvchanlik 8% kumushni tashkil etadi. Keyin eruvchanlik kamayib boradi va  $1085^{\circ}\text{C}$  ( $1985^{\circ}\text{F}$ )da – A nuqta (sof misni erish temperatura) da nolgacha kamayadi.  $779^{\circ}\text{C}$  ( $1434^{\circ}\text{F}$ ) dan pastda eruvchanlik chegarasi –  $\alpha$  va  $\alpha+\beta$  fazalarni ajratuvchi chiziq **solvus chizig'i** deb nomlanadi.  $\alpha$  va  $\alpha+L$  sohalarni ajratuvchi chiziq – bu (3.1-rasmga qara) **solidus chizig'i**.  $\beta$  faza uchun solidus (HG) va solidus (GF) chiziqlari mavjud.  $\beta$  fazada misni kumushda maksimal eruvchanligi G nuqtaga to'g'ri kelib, 8,8% mis va  $779^{\circ}\text{C}$  ( $1434^{\circ}\text{F}$ ) ga teng. Konsentratsiya o'qiga parallel bo'lgan va maksimal eruvchanlik nuqtalarni tutash tirgan gorizontol BEG chiziq ham solidus chizig'i bo'ladi. Bu chiziq muvozanat holatidagi mis-kumush qotishmada suyuq faza mavjud bo'lgan minimal temperaturani ko'rsatadi.

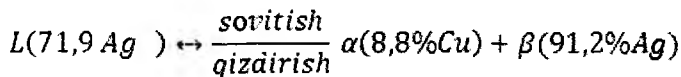
Ko'rib chiqilayotgan tizimda ikki fazali holatda bo'lgan uchta soha mavjud (3.1-rasm):  $\alpha+L$ ,  $\beta+L$  va  $\alpha+\beta$  sohalar.  $\alpha$  va  $\beta$  fazalarning qattiq eritmalari hamma temperatura hamda hamma tarkiblarda  $\alpha+$  sohalar chegaralarida mavjud bo'ladi. Bu ikki fazali tizimlarda umumiy tarkib va komponentlarning nisbiy tarkiblari richag qoidasi yordamida aniqlanishi mumkin.

Misga kumush qo'shilganda to'la suyuq holatga o'tish temperaturasi **likvidus chizig'i** (AE chiziq) bo'yicha pasayib boradi. Shunday qilib, misga kumush qo'shilsa misni erish temperaturasi pasayadi. Xuddi shu narsani kumush haqida aytish mumkin: kumushga mis qo'shilganda kumushni to'la suyuq holatga o'tish temperaturasi likvidus chizig'i (E chiziq) bo'yicha pasayib boradi. Bu chiziqlar fazoviy diagrammani E nuqtasida uchrashadi va undan gorizontol izoterma, ya'ni BEG chizig'i o'tadi. E nuqta invariant nuqta deyiladi. Unga to'g'ri keladigan tarkib  $S_E$  – konsentratsiya va  $T_E$  – temperatura. Mis-kumush tizimi uchun bu parametrlar quyidagicha:  $S_E = 71,9\%$  kumush va  $T_E = 779^{\circ}\text{C}$  ( $1434^{\circ}\text{F}$ ).

$S_E$  konsentratsiyali qotishma  $T_E$  temperaturadan o'tishda muhim reaksiya kechadi:



Hosil boʻlgan qattiq fazo qattiq fazaga oʻtadi:  $\alpha$  va  $\beta$  fazalarga. Qizdirishda teskari jarayon kechadi. Bu hodisa **evtektik reaksiya** deb nomlanadi (evtektik – oson suyuqlanuvchi),  $S_E$  va  $T_E$  parametrlar shu nuqtadagi tarkibni va temperaturani, yaʼni  $T_E$  temperaturada  $S_{\alpha E}$  va  $S_{\beta E}$  fazalarning konsentratsiyalarini taʼriflaydi. Masalan, mis-kumush tizim uchun (3.1) tenglama quyidagicha yoziladi:



Solidusning gorizontal chizigʻini  $T_E$  temperaturada koʻpincha evtektika izotermasi deb nomlashadi.

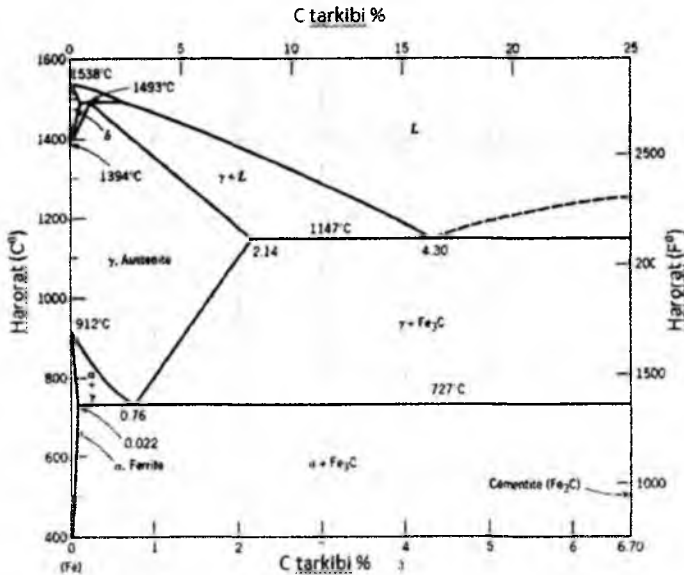
Sovitishda kechadigan evtektik reaksiya xuddi sof komponentlar kabi toʻliq tugatilgan oʻzgarish  $T_E$  temperaturada, yaʼni izotermik kechadi. Lekin erkin kristallanish natijasida har doim ikkita faza hosil boʻladi, bir komponentli qotishmada har doim bir faza hosil boʻladi. 3.1-rasmda keltirilgan turdagi fazoviy diagrammalarda evtektik reaksiya kechganidan keyin ular evtektik fazoviy diagrammalar, keltirilgan jarayonlarda qatnashadigan komponentlar evtektik tizim deb nomlanadi.

### 3.3. Temir - uglerod holat diagrammasi

Barcha binar tizimlardan eng muhimi temir va uglerod hosil qilgan tizimlardir. Temir va uglerod qotishmalari boʻlgan poʻlat va choʻyan zamonaviy texnologik xossalarga ega boʻlgan eng muhim konstruksion material boʻlib oʻz ahamiyatini saqlab kelmoqda. Shu tizimlarning fazoviy diagrammalarni koʻrib chiqaylik.

**Temir - temir karbidi fazoviy diagrammasi (Fe-FeC<sub>3</sub>).** Temir-uglerod tizimi uchun fazoviy diagrammaning bir qismi 3.2-rasmda keltirilgan. Sof temirning kristall panjarasi qizdirish jarayonida ikki marta oʻzgaradi. Xona temperaturada mavjud boʻlgan temirning stabil (muvozanatlashgan) shakli **ferrit** yoki  $\alpha$  – temir deb nomlanadi. U hajmi markazlashgan kristall panjarani hosil qiladi. Temir 912°C

(1674°F) gacha qizdirilsa, unda o'tish kuzatiladi: ferrit austenitga, ya'ni yoqlari markazlashgan kristall panjarali  $\gamma$  – temirga o'tadi. **Austenit** 1394°C (2541°F)gacha saqlanib turadi va bu temperaturada teskari polimorf jarayon, ya'ni hajmi markazlashgan strukturaga o'tish kechadi, bu struktura  $\delta$  – ferrit deb nomlanadi. Bu struktura 1538°C (2800°F)da eriydi. Bu o'zgarishlar fazoviy diagrammaning chap tomondagi o'qi bo'ylab kechadi.



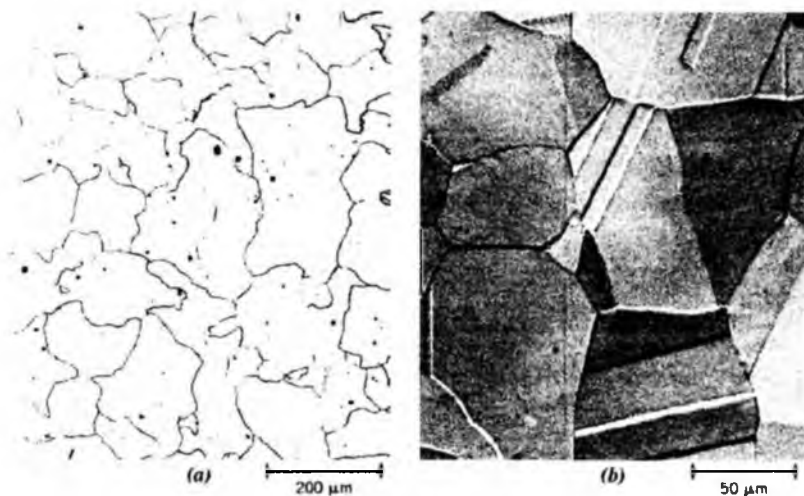
3.2 - rasm. Temir-temir karbidi tizimining fazoviy diagrammasi<sup>10</sup>.

3.2-rasmdagi egri chiziq uglerod foizi 6,7% gacha uzaytirilgan, bu konsentratsiyada diagramma vertikal chiziq bilan ifodalangan temir karbidini oraliqdagi birikmasi – **sementit** (Fe<sub>3</sub>C) hosil bo'ladi. Shunday qilib, temir-uglerod tizimi ikkita qismga ajratilishi mumkin: temirga to'yingan qism va ikkinchi qism – uglerod foizi 6,7–90%

<sup>10</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 333-bet

boʻlgan tarkiblar (sof grafit). Amalda hamma poʻlat va choʻyanlarda uglerod foizi 6.7 dan kam boʻlgani uchun biz faqat temir-temir karbidi tizimlarni koʻrib chiqamiz. 3.2 - rasmni endi Fe-Fe<sub>3</sub>C fazoviy diagrammasi deb nomlaganimiz toʻgʻri boʻladi, chunki Fe<sub>3</sub>C endi komponent hisoblanadi. Qoida boʻyicha tarkib Fe<sub>3</sub>C foiz miqdorida emas, balki uglerod foiz miqdorida belgilanadi, yaʼni 6,7% C, 90% Fe, C ga toʻgʻri keladi.

Uglerod temirga singib,  $\alpha$  va  $\delta$  – ferritlar bilan hamda austenit bilan qattiq eritmalar hosil qiladi, bular 3.2-rasmda bir fazali  $\alpha$ ,  $\delta$  va  $\gamma$  sohalar deb belgilangan. Hajmi markazlashgan kristall panjaraga ega boʻlgan  $\alpha$  –ferritda eng koʻpi 0,022% uglerod 727°C (1341°F) da cryydi. Chegaralangan eruvchanlikning sababi – hajmi markazlashgan kristall panjara shakli va oʻrnini bosish uchun panjara tugunlarning joylashishidir. Uglerod juda kam miqdorda ferrit tarkibida boʻlsa ham, uning mexanik xossalariga sezilarli taʼsir qiladi. Temir-uglerod qotishmaning bu fazasi nisbatan yumshoq, 768°C (1414 °F) dan past temperaturalarda magnit xossalarga ega va uning zichligi 7,88 g/sm<sup>3</sup>ga teng. Quyidagi 3.3-rasmda  $\alpha$  –ferritni mikrofotosurati keltirilgan.



**3.3-rasm. Ferrit (a) va austenit (b) mikrostrukturalarining kattalashtirilgan tasvirlari.**

### **Sinov savollari:**

1. Fazoviy diagramma qanday tuziladi?
2. Austenit bilan ferritning farqi nimada?
3. Fazoviy diagrammaning amaliy ahamiyatini izohlang.
4. Necha xil holat diagrammasi bo'ladi?
5. Mis-kumush holat diagrammasini tahlil qiling.
6. Temir-temir karbidi tizimining fazoviy diagrammasini izohlang.

## 4-BOB. METALE QOTISHMALAR TURLARI

Metall qotishmalar, kompozitsion tarkibiga nisbatan ikkita asosiy sinfga bo‘linadi – temir asosli qotishmalar va rangli metallar.

Temir asosli qotishmalar ikkita asosiy komponent guruhga bo‘linadi – po‘latlar va cho‘yanlar. Bu materiallar bilan tanishib chiqamiz.

### 4.1. Temir asosidagi qotishmalar

**Temir asosli qotishmalar**– shunday materiallarki, tarkibida temir asosiy komponent hisoblanadi – boshqa istalgan metallar bilan solishtirganda, ishlab chiqarilishi ko‘lami bo‘yicha eng ko‘p miqdorga ega, bundan tashqari qolgan material turlaridan ko‘ra muxandislik konstruksiyasining eng muhim materiali hisoblanadi.

Temir asosli qotishmalarning asosiy kamchiligi – bu ularning korroziyaga moyilligidir.

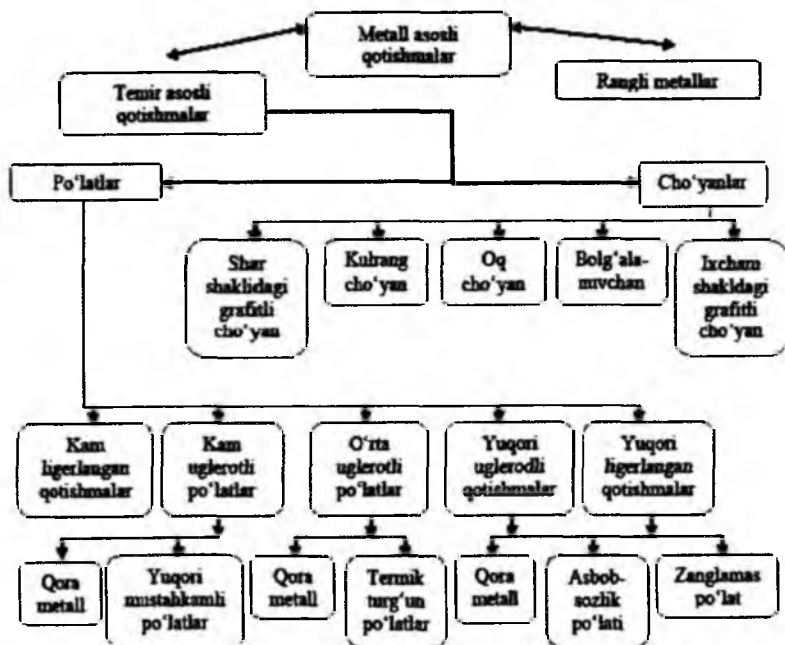
Temir va uning qotishmalari – texnikaning hamma sohasi uchun eng muhim va eng ko‘p ishlatiladigan konstruksion materialdir. Hozirgi vaqtlarda texnika uchun rangli metallar, plastmassalar, keramika materiallar keng qo‘llanganiga qaramay, qo‘llanayotgan po‘lat va cho‘yanlar hajmi ulardan ancha ortiq.

Temirning, kristall panjarasi parametrlari turlicha bo‘lgan polimorf modifikatsiyalari bor, ular “temir-uglerod” sistemasining fazaviy va strukturaviy holati xususiyatlarini belgilaydi. Shu sababdan, shuningdek, uglerod temirda cheklangan miqdorda erishi tufayli, “temir-uglerod” sistemasining holat diagrammasida ko‘plab miqdorda fazalar va strukturalar mavjud: uglerodning temirdagi qattiq eritmaları – austenit va ferrit; kimyoviy birikmalar – temir karbidi yoki sementit; qattiq eritmalar va sementitning mexanik aralashmalari. “Temir-uglerod” sistemasidagi termodinamik muvozanatning xususiyatlari, unda, muvozanatlashmagan kristallanish sharoitlarida hosil bo‘ladigan muvozanatlashmagan (metastabil) fazalar bo‘lishini talab etadi.



“Temir-uglerod” sistemasidagi fazaviy va strukturaviy tashkil etuvchilarning turli-tumanligi avvaldan talab etilgan mexanik xususiyatlarga ega po‘latlar va cho‘yanlarni ishlab chiqarishga qulay sharoit hosil qiladi. Temir va uglerod qotishmasiga legirlovchi elementlarni qo‘shish esa bu xususiyatlarni kerakli tomonga o‘zgartirish uchun qo‘shimcha imkoniyat beradi. Bunda po‘lat va cho‘yanlarning fazaviy o‘zgarishida kritik haroratlari o‘zgaradi, yangi fazaviy va strukturaviy tashkil etuvchilar hosil bo‘ladi, yeyilishga chidamlilik, korroziya bardoshlik, issiqqa chidamlilik kabi ekspluatatsion xususiyatlar o‘zgaradi.

Quyidagi bo‘limda po‘lat va cho‘yanlarning turli sinfni va ularning tarkibi, mikrostrukturasi va xossalari ko‘rib chiqiladi. Bu materiallarning sinflanishi 4.1-rasmda keltirilgan.



4.1-rasm. Temir asosli turli qotishmalarning klassifikatsiyasi.

**Femir (Fe)** – D.I.Mendeleyevning davriy sistemasidagi 8-guruh elementi boʻlib, Fe, Co, Ni uchlikda joylashgan. Uning Yer qobigʻidagi miqdori taxminan 4,5%. Bu, tabiatda koʻp uchrashi bilan toʻrtinchi element hisoblanadi. Temir  $1539 \pm 5$  °C da eriydi, zichligi 7680 kg/m<sup>3</sup>, choʻzishdagi mustahkamlik chegarasi 200...250 MPa, nisbiy choʻzilishi 50...60%, qattiqligi 70...80 HB. Bu maʼlumotlar texnik jihatdan toza, tarkibidagi begona jinslar miqdori 0,1% atrofida boʻlgan temirga tegishli. Tozalik darajasi orttirilsa, mustahkamligi va qattiqligi kamayadi.

“Temir – uglerod” sistemasida quyidagi fazalar mavjud: suyuq qotishma, qattiq qotishmalar (ferrit va austenit), kimyoviy birikma (sementit) va grafit koʻrinishidagi erkin uglerod. Bulardan tashqari, bu sistemaning strukturaviy tashkil etuvchilariga perlit va ledeburiiy deb atalgan mexanik aralashmalar ham kiradi.

*Ferrit* – uglerodning  $\alpha$ -temirdagi qattiq eritmasi boʻlib, HMK panjaraga ega, shuning uchun uglerodning eruvchanligi juda kam. Past haroratli  $\alpha$ -ferritda 0,02% gacha, yuqori haroratli  $\alpha$ -ferritda (yoki  $\delta$ -ferritda) 0,1% gacha uglerod bor. Texnik temir ferrit strukturaga ega, u xurushlanganda shliflarda bir jinsli donlar koʻrinishida namoyon boʻladi. Ferritning plastikligi yuqori ( $\delta=40...50\%$ ) va yumshoq (80...120 HB), sovuq holatda bosim bilan yaxshi ishlanadi, diagrammada  $\Phi$  yoki  $\alpha$  bilan ifodalanadi.

*Austenit* – 2,14% gacha miqdordagi uglerodning  $\gamma$ -temirdagi qattiq eritmasi; mikrostrukturasi – bir jinsli donlar.  $T > 911$  °C da mavjud; plastikligi yuqori, lekin ferritga qaraganda qattiqroq (160...200 HB); ugleroddan boshqa elementlarni ham eritadi; holat diagrammasida A yoki  $\gamma$  bilan ifodalanadi.

*Sementit* – kimyoviy birikma, formulasi – Fe<sub>3</sub>C; uglerod miqdori 6,67%; temir-uglerod qotishmalarining eng qattiq (800 HB) va moʻrt tashkil etuvchisi; erish harorati 1250°C;  $T=210$  °C gacha magnit xususiyatiga ega; yuqori haroratlarda grafit va austenitga parchalanadi; oʻrin almashadigan qattiq eritmalar hosil qiladi, ularda uglerod oʻrnini nometallar (kislorod, azot) egallaydi, temir oʻrnini boshqa metallar (marganets, xrom, volfram va b.) egallashi mumkin. Sementit asosidagi materiallar sof holda ishlatilmaydi. Temir-uglerod qotishmasi-

da sementit miqdori qancha ko'p bo'lsa, qotishma qattiqligi shuncha yuqori bo'ladi. Holat diagrammasida C harfi bilan belgilanadi.

Uglerod temir bilan hosil qilgan qotishmada kimyoviy birikma (sementit), qattiq eritma (ferrit, austenit) yoki allotropik modifikatsiya ko'rinishida bo'lishi mumkin.

*Perlit* – ferrit va sementitning mexanik aralashmasi, uglerod miqdori 0,83%; austenit qayta kristallanganda (parchalanganda),  $T=723^{\circ}\text{C}$  da hosil bo'ladi. Bu parchalanish evtektoidli, deb ataladi, uning mahsuli esa, perlit – evtektoid deyiladi. Perlit mustahkamligi ( $\sigma_b=800$  MPa) va qattiqligi (200 HB) yuqori, qotishmaning mexanik xususiyatlarini oshiradi; strukturasi – almashinib joylashgan ferrit va sementit plastinkalaridan iborat; holat diagrammasida П harfi bilan ifodalanadi.

*Ledeburit* – austenit va sementitning mexanik aralashmasi, tarkibida 4,3% uglerod bo'lgan qotishma  $T=1147^{\circ}\text{C}$  ga yetganda kristallanishida hosil bo'ladi. Harorat  $727^{\circ}\text{C}$  dan past bo'lganda ledeburit tarkibidagi austenit perlitga aylanadi, va ledeburit sovigandan keyin evtektikaga – perlit va sementitning aralashmasiga aylanadi. Ledeburit qattiq (700 HB) uyali va plastinkasimon tuzilishga ega, hamma oq cho'yanlar tarkibida bo'ladi. Holat diagrammasida Л harfi bilan belgilanadi.

## 4.2. Po'latlar

Po'lat – bu temir asosli qotishma bo'lib, tarkibida ma'lum miqdorda boshqa legirlovchi elementlar ham bo'ladi. Po'latlarning mingdan ortiq turlari mavjud bo'lib, ular tarkibi va tayyorlanish jarayonidagi termik ishlovlar turi bilan farqlanadi. Bu materialning mexanik xossalari uglerodning miqdori juda sezilarli ta'sir ko'rsatadi, odatda 1% dan ko'p bo'lmagan miqdorda qotishma tarkibida uglerod bo'ladi.

Po'latlarning eng ko'p tarqalgan ba'zi markalari tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab uch turga bo'linadi: **kam**, **o'rta** va **yuqori uglerodli po'latlar**. Legirlangan po'latlarning asosiy turlari ham xuddi shunday tarkibidagi legirlovchi elementlarning miqdoriga qarab bo'linadi.

**Kam uglerodli po‘latlar.** Materialning ushbu turi qolgan barcha po‘lat turlaridan ko‘ra ko‘proq ishlab chiqariladi. Kam uglerodli po‘latlar odatda qotishmaning 0,25% massa uglerodga ega va termik ishlovdan martensit struktura hosil qila olmaydi. Ularni faqat sovuqlayin deformatsiya yo‘li bilan kuchaytirish mumkin. **Kam uglerodli po‘latlar** nisbatan yumshoq va unchalik mustahkam emas, lekin zarbiy qovushoqlik va plastiklik xossalari yuqori bo‘ladi. Ularga stanoklar yordamida oson ishlov bersa bo‘ladi, bundan tashqari ularning payvandlanuvchanligi ham yuqori. Shuning uchun ham ulardan mahsulot ishlab chiqarish arzonroq.

Ushbu materiallarning asosiy qo‘llaniladigan sohasi – umum-mashinasozlik detallari, ko‘priklar, quvur o‘tkazgichlar, binolar har xil inshootlar va boshqa sohalarda turli profillar (chiziqli, aylana, burchakli) yarim tayyor mahsulot va listlar sifatida qo‘llaniladi.

**O‘rta uglerodli po‘latlar.** Bu guruhdagi po‘latlar tarkibida 0,25 dan 0,6 % gacha uglerod bo‘ladi. Bu po‘latlarning mexanik xossalarini termik ishlash yo‘li bilan oshirish mumkin, toblash va bo‘shatish orqali strukturasi austenit shakliga keltirish mumkin. Ular doim bo‘shatish amali bajarilgandan so‘ng ishlatiladi, bunda ularning strukturasi bo‘shatilgan martensitdan tashkil topadi. O‘rta uglerodli po‘latlar termik ishlash orqali mustahkamlanishi mumkin va juda tez sovutish orqali toblanib mustahkam qatlam hosil qila oladi, biroq qatlam qalinligi unchalik ko‘p bo‘lmaydi.

Bu po‘latlarga xrom, nikel va molibden qo‘shilishi oqibatida, ular termik ishlovga moyil bo‘la boshlaydi, buning natijasida ulardan turli mustahkamlikka va plastiklikka ega materiallar tayyorlash mumkin bo‘ladi.

Bu guruh materiallari temir yo‘l transporti g‘ildiraklari, tishli g‘ildiraklar, tirsakli vallar va yuqori mustahkamlikni, yeyilishbardoshlikni, zarbiy qovushoqlikni talab qiluvchi turli umum-mashinasozlik detallarini yasashda qo‘llaniladi.

**Yuqori uglerodli po‘latlar.** Yuqori uglerodli po‘latlar tarkibida 0,6dan 1,4 % gacha uglerod bo‘ladi. Bu materiallar ancha qattiq, o‘ta mustahkamlikka ega bo‘lmagan po‘latlardir. Ular deyarli har doim mustahkamlangan va bo‘shatilgan holatda ishlatiladi. Shu bilan birga ular yuqori yeyilishbardoshlikka ega, ulardan o‘tkir qirrali (kesuv-

chi) buyumlar tayyorlash mumkin. Ular asboblari tayyorlashda va shakl beruvchi kallaklar yasashda qo'llaniladi. Legirlovchi elementlar sifatida xrom, vanadiy, volfram va molibden qo'shiladi. Ushbu qo'shimchalar uglerod bilan birgalikda juda qattiq va o'ta yeyilishbardosh ( $Cr_{23}C_6$ ,  $V_4C_3$ , WC) birikmalarni hosil qiladi. Muhim markalardan yana biri elektrotexnik po'latlar, rels po'latlari, tezkesar po'latlari kabi guruhlari mavjud.

**Zanglamas po'latlar.** Zanglamas po'latlar turli atrof-muhitdagi va asosan ochiq atmosfera korroziyasiga qarshi tura olish xususiyatiga ega bo'lgan materiallar guruhini tashkil qiladi. Bunday qotishmalarning asosiy qo'shimcha elementi-xromdir. Bunda qotishmada xromning konsentratsiyasi 11% dan kam bo'lmashligi lozim. Nikel va molibden elementlari ham qo'shilishi qotishmaning korroziyaga qarshilik xossasini yaxshilaydi.

Zanglamas po'latlar qo'shimchalar turiga va mikrostrukturasiga nisbatan 3 turga bo'linadi: – martensitli, ferritli va austenitli. Bu materiallarning xossalarini keng ko'lamda o'zgartirish imkoniyati, korroziyabardoshli qator variantlari ularni aniq maqsadli yo'naltirilgan turli sohalarda qo'llash imkonini beradi.

Martensit zanglamas po'latlari termik ishlash yo'li bilan butun qotishma mikrokomponentlarini asosiy bir ko'rinishga, ya'ni martensit struktura hosil qilish orqali olinadi.

Ferritli zanglamas po'latlar  $\alpha$ -ferrit (hajmi markazlashgan kristall) dan tashkil topadi. Austenit va ferrit po'latlarni sovuqlayin ishlov berish orqali mustahkamligini oshirish mumkin.

Austenit zanglamas po'latlarining ko'p qismi korroziyabardosh po'latlar hisobiga kiradi, nikel va xrom miqdoriga qarab belgilanadi. Bu po'latlar ko'p miqdorda ishlab chiqariladi. Martensit va ferrit po'latlar magnit xossalariga ega, austenit zanglamas po'latlari magnit xossalarni namoyon etmaydi.

Ayrim zanglamas po'latlar ko'pincha yuqori haroratli va juda og'ir sharoitdagi muhitlarda ishlatiladi. Bunda ular oksidlanishga qarshilik bilan birga yuqori mexanik xossalarini ham saqlab turishi lozim. Bu materiallarning oksidlovchi muhitda ishlash qobiliyati 1000°C gacha saqlanib turadi.

Zanglamas po‘latlarning bunday turlariga quvurlar, yuqori haroratli bug‘ quvurlar, eritish pechlarini, samolyot, raketa va atom elektr stansiyalarining qurilmalarini tayyorlashda ishlatiladi.

Po‘latlarning doimiy qo‘shimchalari (unsurlari, begona jinslari) ga marganets, kremniy, fosfor va oltingugurt, shuningdek, kislorod va vodorod gazlari kiradi. Birinchilarining miqdori, odatda, 0,8% (Mn), 0,5% (Si), 0,05% (P va S)dan oshmaydi. Bu elementlarning miqdori maxsus po‘latlarda ko‘proq bo‘ladi. Marganets va kremniy foydali unsurlar hisoblanadi. Masalan, marganetsni po‘latga, uni “nordonlashtirish”, ya’ni zararli temir oksidini yo‘qotish uchun qo‘shiladi:  $Mn+FeO \rightarrow MnO+Fe$ . Bundan tashqari, u oltingugurtning zararli birikmalarini bog‘lab tashlaydi:  $Mn+FeS \rightarrow MnS+Fe$ . Shu tufayli po‘latning mustahkamligi sezilarli oshadi, lekin plastikligi ilgorigidek saqlanib qoladi, FeS bor bo‘lgani uchun yuqori haroratlarda po‘latning mo‘rtligi (krasnolomkost) yo‘qoladi. Kremniy ham po‘latni “nordonlashtiradi”:  $2FeO+Si \rightarrow 2Fe+SiO_2$ . U po‘latning oquvchanlik chegarasini ko‘taradi, natijada sovuq holatda bosim bilan ishlov berish yomonlashadi. Shu sababdan shtamplab ishlanadigan po‘latlar tarkibida kremniy miqdori kam bo‘lishiga harakat qilinadi.

Fosfor va oltingugurt zararli jinslar hisoblanadi. Fosfor po‘latning plastikligi va qovushqoqligini kamaytiradi, sovuq holatda sinuvchanligini oshiradi, shuning uchun uning miqdorini cheklashga (0,025...0,045%) harakat qilinadi. Biroq ba’zan, po‘latni qirqib ishlashni osonlashtirish va po‘lat mis bilan tutashib ishlaganda korroziya bardoshlilikini oshirish uchun ataylab qo‘shiladi. Oltingugurt po‘latlarda sulfid – FeS ko‘rinishida bo‘ladi, u temir bilan birga erish harorati 988 °C bo‘lgan evtektika hosil qiladi. Evtektika donlarning chegaralari bo‘yicha joylashadi va issiq holda bosim ostida ishlash haroratlarida po‘latni mo‘rt qilib qo‘yadi (evtektika erib ketib, donlar orasidagi bog‘lanish kuchsizlanib qoladi). Marganets qo‘shilganda temir sulfid plastinkasimon marganets sulfidga aylanadi, uning erish harorati 1620° C. Oltingugurt po‘latlarning zarbali qovushqoqligini, plastikligini, chidamlilik chegarasini, payvandlanuvchanligi va korroziyabardoshlilikini pasaytiradi. U po‘latga rudalarni eritishda, shuningdek, metall pech gazlari bilan o‘zaro ta’sir qilganda tushib qoladi.

Azot va kislorod po‘latda mo‘rt oksidlar va nitridlar ( $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_4\text{N}$  va b.) ko‘rinishida yoki erkin holda nuqsonlarga joylashib (g‘ovaklar, darzlar) uchraydi. Bu elementlar po‘latning sovuq holda mo‘rtligini oshiradi va chidamlilik chegarasini pasaytiradi. Azotning miqdori ko‘p bo‘lsa, po‘lat “deformatsiyali qarish”ga uchraydi, chunki azot dislokatsiyalarning harakatiga xalal beradi va plastiklikni kamaytiradi. Vodород qattiq qotishmaga yoki g‘ovaklarga joylashib oladi, po‘latni g‘oyatda mo‘rt qilib qo‘yadi. Uning miqdori bolg‘alanayotgan po‘latda ko‘p bo‘lsa, flokenlar- oval shaklli darzlar hosil bo‘ladi. Ularning siniq joylari oq dog‘ ko‘rinishida bo‘ladi. Bunday nuqson – metall ichdan uzilgani haqida xabar beradi. Flokenlarning oldini olish uchun po‘latni qizigan holda deformatsiyalab bo‘lib, asta sovitiladi yoki  $250\text{ }^\circ\text{C}$  haroratda uzoq ushlab turiladi.

Zararli unsurlar (begona jinslar)ning miqdori po‘latni olish va nordonlashtirish usullariga ko‘p darajada bog‘liq. Masalan, kislorod, vodород va azot gazlarini kamaytirish uchun po‘lat qayta eritiladi va vakuum sharoitida quyiladi.

Uglerod mashinasozlik cho‘yanlari strukturasi grafit ko‘rinishida bo‘ladi. Grafit miqdori cho‘yanda ko‘p (bir necha foizgacha), mexanik xususiyatlari atrofidagi metall fazaning xususiyatlaridan yomon bo‘lgani sababli grafit qo‘shilmalar mustahkam matritsada darzlar va bo‘shliqlar hosil qilib, cho‘yanni ojizlantirib qo‘yadi.

Tabiiyki, cho‘yanda uglerod grafit ko‘rinishida qancha ko‘p va uning qo‘shilmalari qanchalik siyrak bo‘lsa, cho‘yanning mustahkamligi, ayniqsa, cho‘zilishda, shunchalik past bo‘ladi. Biroq ba‘zi holatlarda, grafit ijobiy omil sifatida namoyon bo‘ladi – cho‘yanning qirqib ishlanuvchanligini yaxshilaydi, unga antifriksion xususiyatlar beradi, titrashlar va zarbalarni so‘ndiradi.

Cho‘yanning strukturasi va xususiyatlari kremniy miqdoriga (0,3...5,0%) jiddiy bog‘liq, u grafitlanish jarayonini kuchaytiradi. Marganetsning doimiy (ya‘ni tabiiy) qo‘shilmalari (0,5...0,8%) cho‘yanlarning mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi va ular grafitlanishiga qarshilik qiladi. Fosfor cho‘yanda (odatda, ko‘pi bilan 0,2...0,3%) erigan holatda uchraydi. U cho‘yanning suyuq oquvchanligini va yeyilishga bardoshlilikini oshiradi, shuningdek, mo‘rtligiga

sabab boʻladi, chunki miqdori 0,5...0,7% boʻlganda erish harorati 950 °C boʻlgan, moʻrt fosfidli-evtektika ( $Fe+Fe_3P+Fe_3C$ ) hosil qiladi.

Shunga qaramay, fosfor choʻyanning qirqib ishlanuvchanligini yomonlashtiradi, shuning uchun miqdori cheklanadi (0,12%), yuqori bardoshli choʻyanlarda undan ham kam (0,03%). “Temir-uglerod” qotishmasiga, uning xususiyatlarini yaxshilash maqsadida maxsus elementlar qoʻshiladi, ular “*legirlovchi element*” deyiladi. Shunday elementi bor qotishmalar esa, “*legirlangan*” deyiladi.

Legirlovchi elementlarning poʻlatlarning xususiyatlariga taʼsir qilish mexanizmi temirda polimorf oʻzgarishlarni qoʻzgʻatishdan iborat. Bu oʻzgarishlar harorati temirda erigan hamma elementlarning xususiyatlariga bogʻliq. Legirlash yoʻli bilan temirning  $\gamma$ -fazasining mavjudlik qismini kengaytirish ( $A_4$  ga toʻgʻri keladigan haroratlardan ortib,  $A_3$  ga toʻgʻri keladiganlari – kamayadi) yoki toraytirish mumkin ( $A_1$  ning haroratlari pasayib,  $A_3$  nikil – ortadi (9.1-jadv., 9–12-rasm). Masalan, Ni, Mn va b.elementlar guruhi maʼlum miqdordan ortiq qoʻshilsa,  $\gamma$  – holat qismini xona haroratidan erish haroratigacha kengaytiradi. Bunday qotishmalar *austenitli qotishma* deyiladi. Boshqa elementlar (V, Si, Mo va b.) ferritni erish haroratigacha barqaror qiladi. Bunday qotishmalar *ferritli qotishma* deyiladi. Ularni qizdirganda va sovitganda evtektoidli oʻzgarish roʻy bermaydi.

### 4.3. Choʻyanlar

Choʻyan deb temir uglerod qotishmalari guruhining tarkibidagi uglerod miqdori 2.14 % dan yuqori boʻlgan qotishmalarga aytiladi. Turmushda qoʻllaniladigan ushbu guruh materiallari tarkibida uglerod 3.0 – 4.5 % miqdorida boʻladi. Bundan tashqari, choʻyanlarga boshqa elementlarni ham qoʻshish mumkin. Temir – temirkarbid faza diagrammasiga asosan, qotishmalar 1150 dan 1300°C haroratlarda oraligʻida suyuq fazada boʻladi, buni poʻlatlarga nisbatan taqqoslashtirilganda anchagina pastligini koʻrish mumkin. Shuning uchun ular osongina eritma holiga oʻtadi va ularni quyma usulida qayta ishlash mumkin. Bundan tashqari choʻyanlar, anchagina moʻrt material boʻlib, shuning uchun ularga shakl berishda aynan quymakorlik usulidan foydalangan maʼqul.



**Marganes.** Marganes cho‘yanlarda temir karbidining barqarorligini orttirib, uglerodning grafit tarzida ajralib chiqishiga qarshilik ko‘rsatadi. Marganes cho‘yanning sifatini pasaytiruvchi oltingugurtning zararli ta‘sirini kamaytiradi. Odatda, cho‘yanlarda marganesning miqdori 1,2 % dan oshmaydi.

**Kremniy.** Cho‘yanlarda kremniy temir bilan birikib silitsidlar ( $\text{FeSi}$ ,  $\text{Fe}_3\text{SiP}_2$ ) hosil qilib, uglerodni erkin holatda, ya‘ni grafit tarzida ajralib chiqishiga ko‘maklashadi. Shu sababli quymalar olishda uning miqdori 0,8–4,5 % oralig‘ida bo‘ladi.

**Fosfor.** Cho‘yanlarda fosfor qattiq va mo‘rt fosfidli evtektika hosil qilib cho‘yanning mexanik xossalarini yomonlashtiradi. Shuning uchun muhim quyma detallarda uning miqdori 0,3 % dan ortmasligi kerak. Shu bilan birga fosfor cho‘yanning suyuqlanish haroratini pasaytirib, oquvchanligini oshiradi. Fosforli cho‘yanlardan yupqa devorli murakkab shaklli, silliq yuzali quymalar olishda foydalaniladi.

**Oltingugurt** cho‘yanlarda uglerodning grafit tarzida ajralishiga qarshilik ko‘rsatadi, ularning oquvchanligini pasaytiradi. Oltingugurtning temir bilan birikmasi  $\text{FeS}$  kristallanish davrida  $\text{Fe}$  bilan qo‘shilib  $985^\circ\text{C}$  da suyuqlanadigan evtektika ( $\text{FeS}+\text{S}$ ) hosil qiladi va bu evtektika donalararo kristallanib, cho‘yanni mo‘rtlashtiradi. Shu sababli cho‘yan tarkibida oltingugurt miqdori 0,08–0,12 % dan oshmasligi kerak.

**Kulrang cho‘yan.** Kulrang cho‘yanda 2.5–4% uglerod va 1.0–3.0% atrofida kremniy,  $\text{Mn}=0,2\text{--}1,1\%$ ;  $\text{R}=0,02\text{--}0,3\%$ ;  $\text{S}=0,02\text{--}0,15\%$  bo‘ladi. Ko‘pchilik cho‘yanlarda grafit bodroq (pop-korn) ko‘rinishida bo‘ladi, atrofida esa  $\alpha$ -ferrit yoki perlitli matrisa joylashadi. Kulrang cho‘yanning mikrostrukturasi 4.2 (a) - rasmda keltirilgan. Bunday cho‘yanlar yuqori mustahkam cho‘yanlar deb ham yuritiladi.

Bu turdagi cho‘yanlarning tarkibida grafit borligini ularni sindirilganda, sinish yuzasi kulrang tusda bo‘lishi bilan izohlash mumkin va bu uning nomi sifatida ham yuritiladi.

Kulrang cho‘yanlarni mikrostrukturasi qarang boshqa materiallarga qaraganda past mustahkamlikka ega va mo‘rt material ekanligini ko‘rish mumkin. Grafitning uchkur qirralari tashqaridan beriladigan yuklamalarni konsentratsiya qiladi. Bu materiallarning

siqilishga mustahkamligi va plastikligi, choʻzishga mustahkamligiga nisbatan kattaroq koʻrsatgichlarga ega. Kulrang choʻyan bir qancha muhim xossalarga ega va amalda keng qoʻllaniladi. U vibratsion energiyani yaxshi yutadi.

Shuning uchun kulrang choʻyan vibratsiyada ishlovchi ogʻir qurilmalarni ishlab chiqarishda qoʻllaniladi. Bundan tashqari kulrang choʻyan yeyilish bardosh material. Kulrang choʻyan erigan holida yuqori oquvchanlik xossasiga ega boʻladi, bu esa qiyin konstruksiyadagi detallarni olish imkonini beradi bunda ogʻish koeffitsiyenti kam boʻladi. Va oxirigisi bu eng muhim koʻrsatgichlardan biri kulrang choʻyan eng arzon material hisoblanadi.

4.2-rasmda keltirilgan mikrostrukturalardan choʻyanlarni tarkibi va termik ishlash turiga koʻra ularni oʻzgartirish mumkinligini koʻrishimiz mumkin. Misol uchun kremniy miqdorini kamaytirib yoki sovutish tezligini oshirib, tarkibda butunlay sementitning oz miqdorda grafit bilan hosil boʻlishini koʻrish mumkin. Bunda mikrostrukturada grafit donalari perlit matrisaga choʻkkan boʻladi. 4.2 a-rasmda – kulrang choʻyan strukturasi mikrografiyasi keltirilgan toʻq rangdagilari grafit donalari  $\alpha$ -ferrit matrisada joylashgan mikrografiya; b – shar koʻrinishli (plastik) choʻyan, bunda toʻq rangdagi sferik donalar grafitdir,  $\alpha$ -ferrit matrisada joylashgan mikrofotosurat; c – oq choʻyan, yorqin qismi sementit, atrofi perlit fazadan tashkil topgan, bunda sementit va ferrit qatlamlarining aralashmalari perlit ekanligini koʻrish mumkin; d – bolgʻalanuvchan choʻyan, toʻq ranglilari grafit (boʻshatilgan uglerod)  $\alpha$ -ferrit matrisada joylashgan; e – kompakt grafitli choʻyan: toʻq rangli chugalchangsimon boʻlaklar grafitdir,  $\alpha$ -ferrit matrisada joylashgan.

Oʻrganilayotgan turdagi choʻyaning mikrostrukturasi grafit chugalchangsimon koʻrinishda boʻladi. Bunday materialning qoʻllanilishi 4.2. d-rasmda keltirilgan. Bu mikrostrukturadan shuni koʻrish mumkinki, sharsimon (4.2.b-rasm) va kulrang(4.2.a-rasm) choʻyanlarning oraligʻidagi strukturani tashkil qilgan. Haqiqatan ham ajralgan grafitning maʼlum (20%) qismi sferik koʻrinishga ega. Buning taʼsirida oʻtkir qirralarning yoʻqolganligini koʻrish mumkin va buning natijasida materialning nisbatan mustahkamligi va uzoq

muddatga chidamliligi pasayganini ko‘rish mumkin. Bu qotishmalarga ham marganes kam miqdorda qo‘shiladi, lekin konsentratsiya miqdori plastik cho‘yannikidan kam.

Kompakt ko‘rinishdagi grafitli cho‘yanlarni ishlab chiqarishda marganes va seriyning miqdori sinchiklab nazorat qilinadi, aynan mana shunday chuvalchangsimon mikrostrukturaga ega cho‘yanni olishda boshqa komponentlarning miqdori ham sinchiklab nazorat qilinadi. Termik ishlash rejimiga bog‘liq holda matrisani perlitli yoki ferritli fazada shakllantirish mumkin.

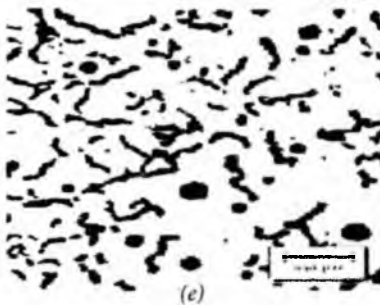
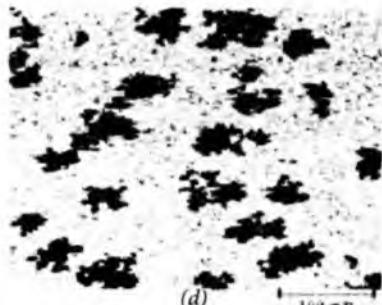
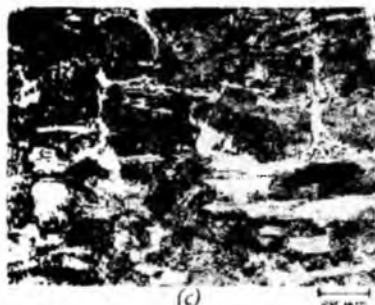
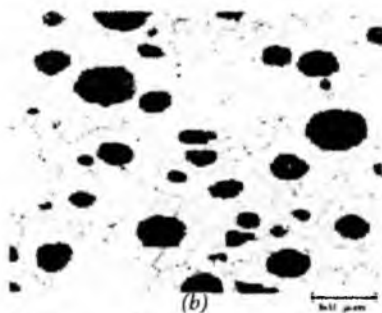
Bu va boshqa turdagi cho‘yanlarning mexanik xossalari, ularning mikrostrukturasi ko‘ringan grafit donalarining aniq shakliga va matrisasining faza tarkibiga bog‘liq. Sferik shaklli grafit donalarini kattalashtirish cho‘yanning mustahkamligini va plastikligini oshiradi. Ferrit matrisaga ega cho‘yan perlitli cho‘yanga nisbatan ko‘proq plastik va kam mustahkamlikka ega bo‘ladi.

Mustahkamlik xossasiga ko‘ra kompakt ko‘rinishdagi grafitli cho‘yan plastik va bolg‘alanuvchan cho‘yanlarning analogik ko‘rsatgichlariga yaqin, bunga muvofiq yuqori mustahkam kulrang cho‘yanlarning mustahkamligi oshiriladi. Ushbu turdagi cho‘yanning plastiklik ko‘rsatgichlari kulrang va plastik cho‘yanlarning ko‘rsatgichlari oralig‘ida bo‘ladi. Uning elastik moduli 140 va 165 GPa ( $20 \cdot 10^6 - 24 \cdot 10^6$  psi) oralig‘ini tashkil etadi.

Bu turdagi cho‘yanlarning boshqa turdagi cho‘yanlardan quyidagi asosiy ko‘rsatgichlari ajratib turadi:

- Ancha yuqori issiqlik o‘tkazuvchanligi;
- Issiqlik zarbalariga yuqori chidamliligi (haroratning birdaniga pasayishiga bardoshligi);
- Yuqori haroratlarda oksidlanishga qarshilik ko‘rsata olish qobiliyatining nisbatan yuqoriligi.

Kompakt grafitli cho‘yanlar hozirgi kunda asosan quyidagi detallarni ishlab chiqarishda qo‘llaniladi – dizel dvigatellarining korpusi, chiqindi gazlar uchun quvurlar, tishli uzatmalarning korpus qutilari, yuqori tezlikka ega poyezdlarning tormozlovchi disklari.



**4.2-rasm. Turli cho‘yanlarning optik mikrofotografiyalari:**  
**a – kulrang cho‘yan (x500); b – shar ko‘rinishli (plastik)**  
**cho‘yan (x200);**  
**c – oq cho‘yan (x400); d – bolg‘alanuvchan cho‘yan (x150);**  
**e – kompakt grafitli cho‘yan (x100).**

Cho‘yanlar kimyoviy tarkibi va ishlatilish joylariga ko‘ra quyidagi turlarga ajratiladi:

**Qayta ishlanadigan cho‘yanlar.** Bu cho‘yanlar qattiq va mo‘rtidir. Sababi shuki, bu cho‘yanlarda uglerodning hammasi yoki ko‘proq qismi temir bilan kimyoviy birikma temir karbidi ( $Fe_3C$ ) holatida, qolgani grafit tarzida bo‘ladi.

**Quyma cho‘yanlar.** Bu cho‘yanlarda uglerodning ko‘p qismi erkin holatda, ya’ni grafit tarzida bo‘ladi. Quyma cho‘yanlarning boshqa cho‘yanlarga nisbatan afzalligi shundaki, ular yuqori oquvchanlik, qotganda hajmning kam kirishishi, suyuqlanish temperaturasining nisbatan pastligi, oson kesib ishlanishi kabi xossalarga ega.

**Maxsus cho‘yanlar.** Bu cho‘yanlar tarkibidagi doimiy mavjud element Si, Mn larning miqdori odatdagi cho‘yanlarnikiga nisbatan ko‘p bo‘ladi.

Shuni qayd etish kerakki, cho‘yanlarning asosiy strukturasi tashqari tarkibidagi grafitning qanday shaklda bo‘lishiga qarab ular kulrang, juda puxta va bolg‘alanuvchan cho‘yanlarga ham ajratiladi. Kulrang cho‘yanlardan juda puxta cho‘yanlar olish maqsadida suyuq holatdagi cho‘yanga oz miqdorda Mg, Ce yoki boshqa elementlar qo‘shiladi. Bolg‘alanuvchan cho‘yanlar olish uchun esa oq cho‘yanlar quymalari maxsus rejimda yumshatiladi.

## 5-BOB. TERMIK ISHLASH ASOSLARI

### 5.1. Termik ishlash nazariyasi

**Termik ishlash** deb, metall qotishmalarida kerakli xossalarni olish maqsadida ularni qizdirish, ushlab turish va sovitish operatsiyalar yig'indisiga aytiladi.

Termik ishlash oxirgi yoki oraliq operatsiya bo'lishi mumkin. Termik ishlash natijasida struktura o'zgarib, muvozanat va nomuvozanat holatda bo'lishi mumkin.

Muvozanat holat qotishmadagi barcha jarayonlar to'la tugallan-gandan so'ng amalga oshadi. Nomuvozanat holat bunga qarshi sha-roitda vujudga keganida bo'ladi.

Kimyoviy-termik ishlov deganda, kimyoviy aktiv muhitda metall buyumga termik ishlov berish tushuniladi, sirt qatlamlarning kimyoviy tarkibi, strukturasi va xususiyatlarini o'zgartirish uchun bajariladi. Shuningdek, qattiqlikni, yeyilishga bardoshlilikni, xizmat muddatini, kontaktga chidamlilikni, oksidlanish va elektrokimyoviy korroziyaga bardoshlilikni oshiradi.

Keyingi yillarda kimyoviy-termik ishlovning an'anaviy chegaralari kengaydi. Bunga, yuzaga qo'yiladigan energiya zichligi yoki modifikatsiyalovchi element oqimi zichligi keskin ortishi hiso-biga, termik va kimyoviy omillar ta'siri kuchaygani sabab bo'ldi. Qo'llanadigan yangi usullar ion dastalari, lazerli va elektron nurlanti-rishdan foydalanishga asoslanadi.

Po'latlarga kimyoviy-termik ishlovlarning imkoniyatlari termik yoki mexanik ishlovlar (sirtni toblash, sirtni plastik deformatsiyalash va b.)nikidan ko'p hollarda keng, chunki bunda sirtning strukturasi o'zgarishidan tashqari, kimyoviy tarkibi ham o'zgaradi. Ba'zan, dif-fuziya mexanizmi orqali sirt qatlamning kimyoviy tarkibini modi-fikatsiyalash mumkin. Bunday ishlov turida pirovard natijani bel-gilaydigan asosiy omillar harorat, buyum yuzasida aktiv kimyoviy komponent konsentratsiyasi va uning buyum bilan o'zaro ta'sir davomiyligidan iborat. Kimyoviy-termik ishlovning eng ko'p tarqal-

gan usuli – po‘latni azot va vodorod bilan diffuziyali to‘yintirish. Bundan tashqari, po‘lat buyum sirtini kremniy, bo‘r, xrom, aluminiy, rux bilan ham to‘yintiriladi.

Termik ishlash usullari 3 xil bo‘ladi:

1. Sof termik ishlash.
2. Termo-mexanik ishlash.
3. Kimyoviy-termik ishlash.

Sof termik ishlashga: a) yumshatish, b) normallashtirish, d) toblash, e) bo‘shatish operatsiyalari bajariladi.

## 5.2 Bo‘shatish va normallashtirish

Yumshatishdan maqsad muvozanatda bo‘lmagan strukturani muvozanat holatga keltirishdir. Odatda, *yumshatish* deganda buyumni ma‘lum haroratgacha qizdirib, pech bilan birgalikda sovitishga aytiladi.

Yumshatishning quyidagi turlari mavjud: rekristallash; chala yumshatish; to‘la yumshatish.

- Rekristallash uchun buyum 650–700°C gacha qizdirilib, shu haroratda ma‘lum vaqt ushlab turilgandan keyin pech bilan birga sovitiladi. Bunda ferrit qayta kristallanadi va sementit bir oz o‘sadi. Materialning plastikligi ortadi.

- Chala yumshatish uchun buyum yuqori haroratgacha qizdiriladi va ma‘lum vaqt ushlab turilgandan keyin pech bilan birga sovitiladi. Bunday termik ishlovdan maqsad plastina ko‘rinishidagi perlitni yumaloq shaklga keltirishdan iborat. Uning qattiqligi plastinasimon perlitdan bir oz past bo‘lsada, plastikligi yuqoridir.

- To‘la yumshatish deb, donachalarini nisbatan maydalash va qoldiq ichki zo‘riqishlarini kamaytirish maqsadida po‘latlarni qizdirib, shu haroratda ma‘lum vaqt ushlab turilgandan keyin pech bilan birga sovitishga aytiladi. Yuqori haroratda ushlab turish vaqti buyum materialida faza o‘zgarishlari yuz berishi uchun yetarli bo‘lishi kerak. Natijada hosil bo‘lgan mayda donali austenit sovishi hisobiga perlit donachalari ham maydalashadi.

Sovitish vaqtini kamaytirish maqsadida austenit eng kam barqarorlikka ega bo'lgan haroratda to'la parchalanguncha ushlab turiladi. Austenit perlitga to'liq parchalangandan so'ng asta-sekin sovitiladi. Bunday termik ishlov berish **izotermik yumshatish** deyiladi. Bunga to'la yumshatishga qaraganda 2–3 marta kam vaqt ketadi.

**Normallash.** Normallashdan maqsad buyumni keyingi termik ishlov berish uchun tayyorlashdan, o'rtacha uglerodli po'latlarning esa strukturasi yaxshilashdan iborat. Normallash to'la yumshatishdan sovitish tezligi bilan farq qiladi. **Normallash** deb, po'latlarni qizdirib, ma'lum vaqt ushlab turilgandan so'ng havoda sovitishga aytiladi. Buyumni havoda sovitish tezligi pech bilan birga sovitishga qaraganda kattaroq bo'lganligi uchun perlitga parchalanish jarayoni pastroq haroratda boradi. Natijada to'la yumshatishga qaraganda buyum strukturasi maydaroq bo'ladi. Shu sababli, buyumning mustahkamligi va qattiqligi 15–20% yuqori bo'ladi. Normallash po'latni termik ishlashning tayyorlov bosqichi yoki o'rtacha uglerodli po'latlar uchun oxirgi bosqich sifatida qo'llaniladi.

### 5.3. Toblash va bo'shatish

**Toblash.** Toblashdan maqsad materiallarining mustahkamligini oshirishdir. Toblashning boshqa sof termik ishlov berishdan asosiy farqi uni katta tezlik bilan sovitilishidadir.

Toblash harorati  $Fe-Fe_3C$  holat diagrammasiga muvofiq aniqlanadi. Toblash harorati buyumning butun ko'ndalang kesimi bo'yicha bir xil bo'lishi uchun ko'p vaqt ketsa, austenitning o'sib ketish xavfi bor. Buyumni pechda ma'lum haroratda tutib turish vaqti uning shakliga, pechga joylash usuliga va turiga bog'liq.

Xomakilarni yuqori haroratli pechda qizdirganda uglerod kuyadi. Natijada buyumning yuzasida uglerod miqdori kamayadi. Buning oldini olish maqsadida ish muhiti nazorat qilib turiladigan pechlar qo'llaniladi. Toblash muhitini to'g'ri tanlash muhim ahamiyatga ega. Austenitning izotermik parchalanish diagrammasidan ma'lumki, toblash uchun kerakli bo'lgan eng kichik sovitish tezligi egri chiziqqa urinma bo'lmog'i kerak. Lekin sovitish tezligini martensitga parcha-



lanish chegarasida sekinlatishi zarur, shunda buyumda yuzaga keladigan ichki termik kuchlanishlar mumkin qadar kamayadi.

Sovitish muhiti sifatida suv, mineral moylar, tuz eritmalari ishlatiladi. Uglerodli po‘latlarni toblashda suv, yuqori legirlangan po‘latlarni toblashda esa mineral moylar ishlatiladi.

Agar xomakining ko‘ndalang kesimi katta va shakli murakkab bo‘lmasa, to‘xtovsiz bir muhitda sovitish mumkin (5.1-rasm, 1-egri chiziq).

Yuqori uglerodli po‘latlarni toblashda sovitish uchun ikki muhitdan foydalaniladi. Buning uchun po‘lat austenitning barqarorligi eng kichik davrdan o‘tguncha suv bilan sovitiladi, so‘ngra martensitga parchalanish haroratidan 80–100 °C yuqori haroratda moyda sekin sovitiladi (5.1-rasm, 2-egri chiziq).

Agar asbobning tuzilishi murakkab va hajmi katta bo‘lsa, pog‘onali toblash qo‘llaniladi (5.1-rasm, 3-egri chiziq).

Bunda asbob suyuq muhitda martensitga parchalanishdan yuqoriroq haroratda ushlab turiladi, so‘ngra havoda sovitiladi. Shunday qilinganda martensitga parchalanishdan oldin harorat butun hajm bo‘yicha bir xil bo‘ladi.

Ko‘p hollarda o‘rtacha uglerodli po‘latlardan tayyorlanadigan konstruksiyalarning murakkab qismlari izotermik haroratda toblanadi. Bunda po‘lat beynitgacha tez sovitiladi. Beynit parchalanib bo‘lgach, sovitish davom etiriladi (5.1-rasm, 4-egri chiziq). Natijada po‘lat strukturasi parchalanmay qolgan austenit paydo bo‘ladi. Bunday toblangan po‘latlarda plastiklik va qattqlikning yaxshi mutanosibligi yuzaga keladi.

Mashinasozlik amaliyotida o‘z-o‘zidan bo‘shatish imkonini beradigan toblash usullari mavjud. Buning uchun qizdirilgan buyumning bir qismigina sovitiladi. Sovitilmagan qismning issiqligi hisobiga sovitilgan qism bo‘shatish haroratigacha qiziydi. Natijada bo‘shatish jarayoni o‘z-o‘zidan yuz beradi. Bunday toblash usulida turli qismlari har xil qattqlikka ega bo‘lgan buyumlar olinadi.

Toblash natijasida erishiladigan eng katta qattqlik po‘latning **toblanuvchanligi** deyiladi. U asosan po‘latning tarkibidagi uglerod miqdoriga bog‘liq bo‘ladi. Har xil muhitda sovitilgan po‘latning eng katta

qattiqligi yuza qattiqligidir. Yuzadan 50% martensit va 50% trostitdan iborat qatlamgacha bo'lgan oraliq **toblanish chuqurligi** deyiladi. Toblanish chuqurligini aniqlashda diametri 25, uzunligi 100 mm ga teng namunadan foydalaniladi.

Toblashdan keyin sementlangan qatlam strukturasi mayda ignasimon martensit, qoldiq austenit (200% gacha), ba'zan ortiqcha karbid qo'shilmalari bo'ladi. Quyi bo'shatish 160...180°C da, bir marta toblansa ham, ikki marta toblansa ham, bajariladi. Bunda toblash martensiti bo'shatish martensitiga o'tadi va detaldagi kuchlanishlarni yo'qotadi, sirt qatlamning qattiqligi 58...62 HRC ga yetadi, po'latning bardoshlilik chegarasi ko'tariladi, kuchlanishlarni to'plovchilarga sezgirligi pasayadi.

Sementatsiya qilingan va bir marta toblangan yuqori legirlangan po'latlarda qoldiq austenit miqdori ko'p bo'ladi (50 % gacha). Ularning qattiqligini oshirish uchun toblashdan keyin sovuqlik bilan ishlov beriladi yoki yuqori bo'shatish, keyin toblash va quyi bo'shatish ishlovlari beriladi.

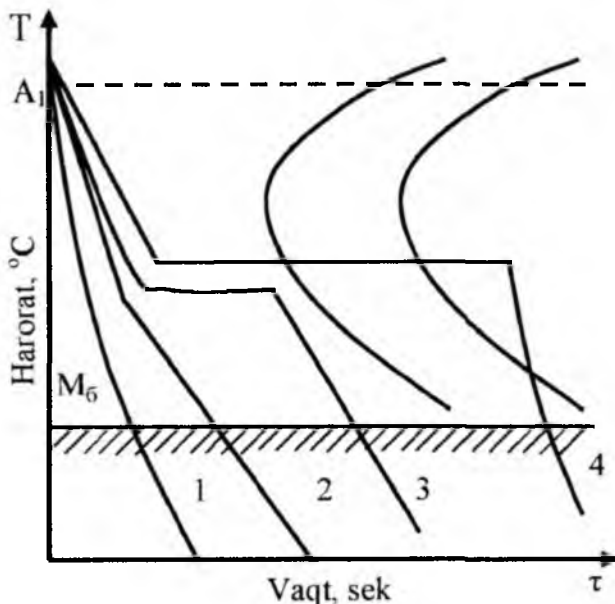
Qattiq karbyurizatorida sementlash pista ko'mir (yoki yarimkoks va torf koksi) uglerod oksidli bariy bilan birga, kalsiy yoki natriy solingan maxsus yashiklarda bajariladi. Yashikdagi buyumlar karbyurizator qatlami bilan birga shunday o'chirib qo'yiladiki, buyumlarining umumiy hajmi karbyurizator hajmining 10...15 % ni tashkil qiladi.

Qattiq karbyurizatorida sementatsiya ishlovi bajarilganda quyidagi jarayonlar kechadi. Karbyurizator havodagi kislorod bilan o'zaro ta'sirga kirishib, uglerod oksidlanadi (uglerod oksidgacha). U, temirning ishtirokida dissotsiatsiyalanadi va aktiv atomlar uglerod chiqaradi:  $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ . Bu uglerod po'latga diffuziyalanadi. Yashikdagi uglerod oksidli tuzlar karbyurizatorning uglerodi bilan o'zaro ta'sirga kirishib, muhitni uglerod bilan boyitadi ( $\text{BaCO}_3 + \text{C} \rightarrow \text{BaO} + 2\text{CO}$ ), sementlanishni tezlatadi.

**Bo'shatish.** Bo'shatishdan maqsad toblash natijasida buyumda hosil bo'lgan ichki kuchlanishlarni kamaytirish, plastik xossalarini oshirishdir. Bo'shatish toblashdan keyin bajarilishi shart bo'lgan jarayondir. Bo'shatish uchun buyum PSK kritik nuqtadan past haroratgacha qizdiriladi. Bo'shatish uch xil bo'ladi:

- past haroratda bo'shatish. Buning uchun buyum 160–250°C haroratda qizdiriladi, ma'lum vaqt tutib turilgandan keyin havoda sovutiladi.

Hosil bo'lgan struktura **bo'shatilgan martensit** deyiladi. Toblash natijasida hosil bo'lgan qattqlik deyarli o'zgarmaydi. Mustahkamlik va qovushoqlik sezilarli darajada ortadi. Toblangan po'latdagi ichki kuchlanishlar kamayadi. Ko'pincha kam legirlangan, yuzasi toblangan va kimyoviy-termik ishlangan po'latlar ana shunday bo'shatiladi;



**5.1-rasm. Toblash usullarini tushuntiruvchi chizma.**

- o'rtacha haroratda bo'shatish. Buning uchun buyum 350–450°C haroratda qizdiriladi, ma'lum vaqt tutib turilgandan keyin havoda sovutiladi. Hosil bo'lgan struktura **bo'shatilgan trostit** deyiladi. O'rtacha haroratda bo'shatish ko'p hollarda prujina, resor, shtamp kabi buyumlarni termik ishlash uchun qo'llaniladi. Toblangan buyumning qattqligi 35 HRC gacha kamayadi va plastik xossalari ortadi.

• yuqori haroratda bo'shatish. Buning uchun buyum 550–650°C haroratgacha qizdirilib, ma'lum vaqt tutib turilgandan keyin havoda sovitiladi. Hosil bo'lgan struktura **bo'shatilgan sorbit** deyiladi. Bunday termik ishlov, legirlangan uglerodli po'latlar uchun qo'llaniladi.

### **Sinov savollari:**

1. Termik ishlashning turlari va maqsadi?
2. Perlitni austenitga aylanish vaqti nimaga bog'liq bo'ladi?
3. Martensit struktura qanday xossali bo'ladi?
4. Normallashtirish deganda nimani tushunasiz?
5. Yumshatish orqali nimalarga erishiladi?
7. Normallashtirilgan po'lat strukturasi haqida tushuncha bering?

## 6-BOB MATERIALLAR TURI QO‘LLANILISH SOHALARI

### 6.1. Legirlangan po‘latlarga legirovchi elementlarning ta’siri

“Temir-uglerod” qotishmasiga, uning xususiyatlarini yaxshilash maqsadida maxsus elementlar qo‘shiladi, ular “*legirovchi element*” deyiladi. Shunday elementi bor qotishmalar esa, “*legirlangan*” deyiladi.

Legirovchi elementlar po‘latlarda erkin holatda, temir bilan yoki o‘zaro kimyoviy birikma shaklida, oksidlar, sulfidlar va boshqa nometall qo‘shilmalar ko‘rinishida, karbid fazasida, shuningdek, temirdagi qattiq eritmalar ko‘rinishida bo‘ladi. Ular ko‘pincha, “temir-uglerod” qotishmalarining asosiy fazalarida (ferrit, austenit, sementit) eriydi yoki maxsus karbidlar hosil qiladi.

Tuzilishi va xossalarini o‘zgartirish maqsadida po‘latga ma’lum konsentratsiyalarda maxsus qo‘shiladigan elementlar *legirovchi elementlar* deyiladi.

Legirovchi elementlar qo‘shilgan po‘latlar *legirlangan po‘latlar* deyiladi.

Legirovchi elementlar po‘latga atayin kiritilib, uning xossalariga va qurilishiga ta’sir qiladi. Shunaqa elementlar kiritilgan po‘latlar legirlangan po‘latlar deyiladi. Po‘latni o‘zida kremniy va marganes bo‘ladi, lekin kremniy miqdori 0,4% dan oshsa, marganes 0,8% dan oshsa bunday po‘latlar ham legirlangan hisoblanadi.

Ba’zi legirovchi elementlarning miqdori juda kam bo‘lishi mumkin: Nb, Ti miqdori 0,1% dan oshmaydi; V ham 0,005% dan oshmaydi.

Legirlangan po‘latlar texnika taraqqiyoti talablari natijasida paydo bo‘lgan. Legirlash mexanik xossalarni (mustahkamlik, plastiklik, qovushqoqlik), fizik xossalarni (elektr o‘tkazuvchanlik, magnet xarakteristikalari, radiatsiyaga chidamliligi), kimyoviy xossalari (zanglamaslik) yaxshilash maqsadida qo‘llaniladi.

Legirlangan po‘latlar uglerodli po‘latlarga nisbatan qimmat bo‘ladi. Shuning uchun ularni yana termik ishlab qo‘llash maqsadga muvofiq.

Asosiy legirlovchi elementlarga Cr; Ni; Mn; Si; W; Mo; V; Al; Ti; Cu; B; lar kiradi. Ko‘pincha bitta emas, bir nechta elementlar: Cr va Ni ; Cr va Mn; Cr; Ni; Mo va V bilan legirlanadi.

**Legirlangan po‘latlarda** legirlovchi elementlar quyidagi holatlarda bo‘lishi mumkin:

– erkin holatda (mis bilan qo‘rg‘oshin po‘latda erimaydi va metall qo‘shilmalar tarzida erkin holatda bo‘ladi);

– karbidlar holida (uglerodga yaqin bo‘lgan ko‘pgina elementlar sementda eriydi yoki mustaqil karbidlar hosil qiladi);

– temir bilan yoki bir-biri bilan hosil qilgan intermetall birikmalar holida (ko‘pgina legirlovchi elementlar muayyan konsentratsiyalarida inter material birikmalar hosil qiladi, shu sababli, ular ko‘pincha yuqori legirlangan po‘latlarda uchraydi);

– oksidlar va sulfidlar holida (po‘latni oksidsizlantirish uchun qo‘shiladigan barcha elementlar oksidlarni yuzaga keltiradi, temirga qaraganda oltingugurtga ko‘proq yaqin bo‘lgan elementlar esa sulfidlar hosil qiladi);

– temirdagi eritma holida (davriy tizimda temirdan chapda joylashgan elementlar temirda erishi ham, karbidlar hosil qilishi ham mumkin, temirdan o‘ngda joylashgan elementlar esa ular bilan faqat qattiq eritmalar hosil qiladi).

## 6.2. Legirlangan po‘latlarning tasnifi

**Legirlangan po‘latlar** yumshatilgan (muvozanat) holatidagi tuzulishiga ko‘ra tuzulishida ortiqcha ferrit bo‘ladigan *evtektoiddan oldingi po‘latlarga*, perlit tuzulishiga ega bo‘lgan *evtektoid po‘latlarga*, tuzulishiga ortiqcha (ikkilamchi) karbidlar bo‘ladigan *evtektoiddan keyingi po‘latlarga*, tuzulishida suyuq eritmadan ajralib chiqqan birlamchi karbidlar bo‘ladigan *ledeburitli po‘latlarga* bo‘linadi.

Amaliy jihatdan po‘latni me‘yorlashgan holatdagi tuzulishiga ko‘ra tasniflash muhim hisoblanadi. **Uglerod va legirlovchi elementlarning miqdoriga qarab**, legirlangan po‘latlarni quyidagi sinflarga ajratish mumkin: legirlangan ferrit tuzulishiga ega bo‘lgan *ferritli po‘latlar*; perlit tuzulishiga ega bo‘lgan *perlitli po‘latlar*; martensit tuzulishiga ega bo‘lgan *martensitli po‘latlar*; austenit tuzulishiga ega bo‘lgan *austenitli po‘latlar*. Bundan tashqari, *ferrit – perlitli, yarim austenitli* va hokazo po‘latlar ham bo‘lishi mumkin.

**Vazifasiga ko‘ra po‘latlar quyidagi guruhlariga birlashtiriladi:**

- mashinalar detallarini tayyorlashga mo‘ljallangan *konstrukcion po‘latlar*;
- kesuvchi, o‘lchash asboblari, shtamplovchi va boshqa asboblarni tayyorlash uchun ishlatiladigan *asbobsozlik po‘latlari*;
- *alohida xossaligi po‘lat va qotishmalar*.

Po‘latlar davlat standartlarini hisobga olib markalanadi. Har qaysi legirlovchi element harf bilan belgilanadi: A – azot, P – fosfor, D – mis, Г – marganes, B – volfram, Ф – vanadiy, K – kobolt, M – molibden, H – nikel, B – bor, T – titan, C – kremniy, X – xrom, U – sirkoniy, A – aluminiiy, Ч – noyob-yer metallari.

Agar elementning miqdori 1 % dan kam yoki unga teng bo‘lsa, u holda raqam bo‘lmaydi.

Yuqori sifatli po‘latlarda belgining oxirida A harfi turadi. Masalan, tarkibida 0,28 – 0,35% C, 0,8 – 1,1 % Cr, 0,9 – 1,2% Mn, 0,8 – 1,2% Si bo‘lgan po‘lat 30XLCA tarzida belgilanadi.

Murakkab legirlangan asbobsozlik po‘latlarini markalash konstrukcion po‘latlarni markalashdan birmuncha farq qiladi. Masalan, X12M po‘lati tarkibida 1,45 – 1,70% C, 11 – 12,5% Cr, 0,5 – 0,8% Mo bo‘ladi. Sharikli podshipniklar yasaladigan po‘latlar III harfi bilan, teskesar po‘latlar P harfi bilan belgilanadi.

Legirlovchi elementlarning po‘latning xususiyatiga ta’siri, avvalo, ferritning xususiyatlari o‘zgarishida, karbid fazaning dispersligida, bo‘shatish amalida martensitning barqarorligida, toblanuvchanlikda, don o‘lchamlari kabilarda namoyon bo‘ladi. Ferrit – konstrukcion po‘latlarning asosiy fazasi bo‘lib, po‘lat hajmining 90% dan ortig‘ini tashkil qiladi. Legirlovchi elementlar unda eriydi, kristall panjaradagi

temir atomlari o'rnini egallaydi va panjarani qiyshaytirdi, natijada ferritning mustahkamligi va qattiqligini oshiradi. Qattqlik oshishiga kremniy, marganets va nikel ko'proq yordam beradi. Biroq, aksar le-girlovchi elementlar ferritning qovushqoqligini pasaytiradi, sovuqda mo'rtlik ostonasini ko'taradi. Nikel bundan mustasno, u po'latning xususiyatlarini yaxshi tomonga o'zgartiradi.

### 6.3. Asbobsozlik uglerodli po'latlari

**Asbobsozlik po'latlari** yuqori qattqlikka ega bo'lgan, egilishga chidamli, uglerodli va legirlangan po'latlardir.

Asbobsozlik po'latlari issiqlikka chidamlilik, ya'ni asbobning ish qirrasini qiziganida, masalan, katta tezlik bilan kesishda, qizigan metall deformatsiyalanganda ham yuqorida ko'rsatilgan xossalarini saqlab qolish xususiyatiga ega. **Asbobsozlik po'latlarida** uglerodning miqdori, odatda, 0,7–1,5% bo'ladi. Bular asosan quyidagilar; Y7A; Y8A; Y8ΓA; Y9A, Y10A, Y10ΓA, Y12A, Y13A. O'qilishi: Masalan Y7A: Y-uglerodli degani; 7-o'ndan bir ulushda uglerod miqdori, ya'ni uglerod C=0,7%, A-po'lat yuqori sifatli, ya'ni zararli elementlar P, S lar har birining miqdori 0,025% dan oshmagan degani. Ular albatta termik ishlanadi (6.1-jadval). Toblashda qizdirish qo'rg'oshinli vannalarda, tuz eritmalari vannalarida va elektr pechlarda olib boriladi. Katta o'lchamli asboblardan toblashdan oldin  $t=350-450^{\circ}\text{C}$  darz ketmasligi uchun dastlab qizdirib olinadi. Qizdirish vaqti asbob ko'ndalang kesimi kattaligiga qarab belgilanadi: har bir mm ko'ndalang kesimga quyidagi birlik bo'yicha qo'rg'oshin vanna uchun 6–8 sek, tuz vannalari uchun 12–14 sek, elektr pechlari uchun 50–80 sek olinadi.

Uglerodli po'latlarni termik ishlash jarayonida tob tashlash, darz ketish odati bor.

Y7A, Y8A, Y9A, po'latlardan slesarlik va temirchilik asboblari, ushlagichlar, qattiq qotishmali keskichlarning korpuslari yasaladi.

Y10A, Y12A, po'latlardan tokarlik va randalash keskichlari, par-malar, metchiklar, razvertkalar, plashkalar, qo'l arra, tasmali (lenta-simon) arralar yasaladi.

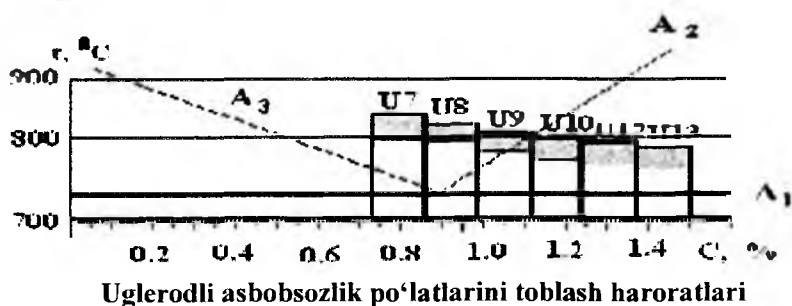


Y10ΓA po‘latidan yog‘och va metallarni qirqadigan tasmali lentasimon arralar ishlab chiqariladi. Uglerodli asbobsozlik po‘latlarni toblash harorati grafigi 6.1-rasmda keltirilgan

### Termik ishlash rejimlari

6.1-jadval

Po‘lat mar-kasi	Toblash harorati, t-C	Sovitish muhiti	Qattiqlik, toblan-gandan so‘ng, HRC	Bo‘shatish	Bo‘shatgan-dan so‘ng qattiqlik HRC
Y7A	800–830°C	Suv	61–63	Past	60–63
Y8ΓA	800–830°C	Suv so‘ngra eg‘	61–63	bo‘shatish	60–63
Y9A	790–810°C	Suv so‘ngra eg‘	62–64	160–180°Cda	60–63
Y10ΓA	760–810°C	Eg‘	61–63	Ushlab	60–63
Y10A	770–790°C	Suv so‘ngra eg‘	62–64	turish	60–63
Y12A	760–780°C	Suv so‘ngra eg‘	62–65	1–2	60–63
Y8A	790–820°C	Suv	61–63	soat	60–63



6.1-rasm. Uglerodli asbobsozlik po‘latlarni toblash harorati grafigi.

## 6.4. Legirlangan asbobsozlik po‘latlari

Legirlangan asbobsozlik po‘latlari uglerodli po‘latlar tarkibiga u yoki bu legirlovchi elementlarni (Cr, V, Mo, W va x.k) kiritish bilan olinadi. Bundan maqsad lozim bo‘lgan xossalarni olishdir. Xrom qo‘shilsa, po‘lat qattiqligi, zangga bardoshligi va ishqalanib yeyilishga qarshiligi ortadi.

Volfram va molibden kiritilsa po‘latni qattiqligi, ishqalanib yeyilishiga qarshiligi issiqbardoshligi ortadi.

Vannadiy po‘latni strukturasi yaxshilaydi: Turg‘un karbidlar hosil qiladi, toblangandan so‘ng mayda donali struktura hosil qiladi.

**1. Volframli po‘latlar:** B1, B2. Bu yerda volfram miqdori 1% va 2%. Volframni qo‘shilishi po‘latni o‘ta qizishga moyilligini pasaytiradi; uyushqoqligi ortadi. Parmalar, kichik o‘lchamdagi metchiklar, razvyortkalar, plashkalar va h.k. yasaladi.

**2. Xromli po‘latlar:** 9X, X05, X. Xromni qo‘shilishi toblashdagi kritik sovitish tezligini pasaytiradi; birmuncha ishqalanib yeyilishga chidamliligini oshiradi; qattqlikni ko‘taradi. O‘qilishi: 9X-da S=0,5%, Sr≈1%; Bu po‘latdan tokarlik va randalash keskichlari, parmalar, metchiklar, razvyortkalar va h.k. lar yasaladi.

**3. Xrom-margenetsli po‘latlar:** XBГ; XГ, XBГ ni o‘qilishi: S≈1%; Sr=0,9–1,2%, W=1,2–1,6%, Mn=0,8–1,1%, XГ ni tarkibi: S=1%; Cr=1,3–1,6% Mn=0,45–0,7%.

Bu po‘latlarni yaxshi xossalaridan biri bu – toblash jarayonida tob tashlash (deformatsiyalanish) darajasi ancha kichik. Shuning uchun bu po‘latdan uzun sterjinsimon va o‘lchamlari ishlangan detallarga o‘tadigan keskichlar yasaladi: protyajkalar, maxsus parmalar va razvyortkalar.

**4. Xrom-volframli po‘latlar:** XB5: tarkibi S=1,25–1,5%; Cr=0,4–0,7%; W=4,5–5,5%; Juda qattiq. HRC=70 toblangandan so‘ng. Yuqori ishqalanib yeyilishga chidamli-turg‘un. Bu po‘latlardan tokarlik va randalash keskichlari, frezalar, maxsus keskichlar yasaladi.

**5. Xrom-kremniyli po‘latlar:** 9XC, 9X; 9XC ni kimyoviy tarkibi: S=0,9%; Cr=1%, Si=1,4%. Kremniy po‘latni toblanishlik qo-

biliyatini oshiradi; ishqalanib yeyilishga turg'unligini, chidamliligini, uyushqoqligini oshiradi. Metchiklar, parmalar, plashkalar, frezalar yasaladi.

**6. Yuqori xromli po'latlar:** X12; X12M. tarkibi: S=1,45–2,3%; Cr=11–13%; Mn=0,5–0,8%; HRC=62–65% toblangandan so'ng. Bu po'latdan frezalar, razvyortkalar, parmalar, protyajkalar yasaladi.

### 6.5. Tezkesar po'latlar

Tezkesar po'latdan yasalgan keskichlar kesish tezligi yuqori, kesish chuqurligi katta, demak, yuqori haroratda ishlaydilar. Uglerodli asbobsozlik po'latlari 200°C ga qiziganda uning qattiqligi tez pasayadi (keskich o'tirib qoladi), tezkesar po'lati 600°C da ham yumshamay qirqish qobiliyatini saqlab qoladi.

Tezkesar po'latlarni turlari ko'p. Ularning ba'zilarini kimyoviy tarkibi quyidagicha:

#### Tezkesar po'latlarni kimyoviy tarkibi

6.2-jadval

Po'lat markasi	S, %	Cr, %	W, %	V, %	Co, %
P18	0,7–0,8	3,8–4,4	17,5–19,0	1,0–1,4	—
P9	0,85–0,95	3,8–4,4	8,5–10,0	2,0–2,6	—
P9Φ5	1,4–1,5	3,8–4,4	9,0–10,5	4,3–5,1	—
P9K5	0,9–1,0	3,8–4,4	9,0–10,5	2,0–2,6	5,0–6,0
P9K10	0,9–1,0	3,8–4,4	9,0–10,5	2,0–2,6	9,5–10,5
P18K5Φ2	0,85–1,95	3,8–4,4	17,5–19,0	1,8–2,4	5,0–6,0

Tezkesar po'latining issiqlik o'tkazish qobiliyati kichik, birdaniga toblash haroratli pechga qo'yilsa darz ketadi. Shuning uchun oldindan 2-marta qizdirib olinadi: 1) 500–600°C, 2) 830–860°C. Bundan so'ng tez qizdiriladi. R18 uchun  $t_{\text{tabl}}=1280–1300^{\circ}\text{C}$ . P9 uchun  $t_{\text{tabl}}=1240–1260^{\circ}\text{C}$ , Austenit strukturasi olinadi. Ma'lum vaqt ushlab turilgach

(T 1–2min) moyda sovitiladi (tuz eritmasida ham bo‘lishi mumkin). Albatta bo‘shatiladi: 3-marta 1 soatdan bo‘shatiladi, birinchi bo‘shatilganda austenitni 85%, ikkinchi bo‘shatilganda 95–97%, uchinchi bo‘shatilganda 98–99% martensitga aylanadi. Shunda qattqlik HRC=64 ga yetadi.

Bo‘shatish rejimini ikkinchi varianti ham bor. Po‘lat sovuq bilan ishlanadi: -80°C dan -100°C gacha sovitiladi. Bundan so‘ng bir marta 560°C da bo‘shatiladi. Shunda austenitni 97–98% martensitga aylanadi.

Tezkesar po‘latlarni toblashdan oldin yumshatib olinadi.

## 6.6. Qattiq qotishmalar

Qattiq qotishmalar asbobsozlik materiallari turkumiga kiradi. Qattiq qotishmalar ko‘p tarqalgan asbobsozlik materiali bo‘lib, ular kukun metallurgiyasi asosida olinadi. Tashkil etuvchilarni maydalab kukun holiga keltirilib aralashtiriladi. Masalan, BK6-markali qotishma uchun WC=94% va Co=6% hajmida har ikki tashkil etuvchi kukunlari tayyorlanadi. Olingan massani kerakli forma va o‘lchamli qolipga (shtampga) solib bosim bilan presslanadi va lozim o‘lchamli plastinkalar olinadi. Plastinkalar grafitli trubkali yoki yuqori chastotali vakuum pechlariga joylashtirilib tok o‘tkaziladi. (G=1500A).

Yuqori harorat ta‘sirida karbidlar (masalan WC) zarrachalari kobolt zarrachalari bilan birikadi yopishadi. Bu yerda kobolt zarrachalari bog‘lovchi vazifasini o‘taydi. Natijada o‘ta yuqori qattiq massa hosil bo‘ladi. Qattiq sinchlari zich volfram va titan karbidlari kristallaridan iborat bo‘lib, uyushoq modda-karbidlarni koboltdagi qattiq eritmasi bilan bog‘langan bo‘ladi. Qattiq qotishmalar asosan ikki guruhdan iborat: 1-bir karbidli – volfram karbidli – BK va 2-ikki karbidli volfram va titan karbidli – TK. Lekin uch va undan ko‘p karbidli qattiq qotishmalar ham bor – TTK.

Albatta TK guruhi BK ga nisbatan ancha qattiq issiqqa bardoshligi yuqori. Lekin BK guruhi mustahkamroq va zarbiy qovushqoqligi yuqoriroq.

BK guruhi issiqqa bardoshligi 800°C bo'lsa, TK guruhiniki 900–1000°C ga yetadi.

### Eng ko'p tarqalgan qattiq qotishmalar kimyoviy tarkibi va xossalari

6.3-jadval

Qotishma markasi	Shixta (masalliq) tarkibi, %				$\sigma$ MPa	HRA
	WC	TiC	TaC	Co		
Volframli qotishmalar						
BK3	97			3	1100	89,5
BK4	96			4	1400	89,5
BK6	94			6	1500	88,5
BK8	92			8	1600	87,5
BK10	90			10	1650	87
BK15	85			15	1800	86
BK20	80			20	1950	84
BK25	75			25	2000	82
Titan – volframli qotishmalar						
T30K4	66	30		4	950	92
T15K6	79	15		6	1150	90
T5K10	85	5		10	1400	88,5
Titan – tantal – volframli qotishmalar						
TT7K12	81	4	3	12	1650	87
TT8K6	86	6	2	6	1250	90,5

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, markalarning o'qilishi quyidagicha: BK6 – bu yerda Co=6%. WC=94%; T15K6 – da Co=6%; TiC=15% qolgani, ya'ni WC=79%. BK guruhdagi qotishmalar tarkibida kobolt miqdori ortishi bilan ularni mo'rtligi kamayadi. Shuning uchun BK8 qora-dastlabki qirqishda ishlatiladi. TK guruhi BK guruhiga nisbatan mo'rtroq. Shu sababli, keskich chidamliligini saqlash maqsadida TK guruhi asosan po'latlarini qirqishda ishlatilishligi tavsiya qilinadi.

Qattiq qotishmalarini qirqish-ishlash qobiliyatini mayda zarra-chali (donalar o'lchami 0,5–0,15mk ga teng) qotishmalar olish bilan oshirish mumkin, masalan, BK6M.

Umuman olganda, BK3 – BK8 qattiq qotishmalari, asosan, uvoq qirindi (uzuq-uzuq qirindi) olinadigan materiallar qirqishda ishlatiladi. Masalan, cho‘yan, rangli metallar, farfor, keramika va h.k.

BK10 va BK15 qotishmalari ancha yuqori qovushqoq bo‘lganligidan sim olish asboblari (“filaralar” da) burg‘alash asboblari ishlatiladi.

Ikki karbidli qattiq qotishmalar ko‘pincha, tez qirqish jarayonlarida qo‘llaniladi.

Uch karbidli qattiq qotishmalar TiC-ToC-WC-Co tizimida bo‘ladi. Bu guruh qotishmalari yuqori mustahkam, vibratsiyalarga va uqalanishga chidamli.

## 6.7. Maxsus xossali po‘latlar

**Zanglamas po‘latlar.** Metallarni tashqi muhit bilan kimyoviy yoki elektrokimyoviy o‘zaro ta‘sir etishi oqibatida yemirilish jarayoni korroziya zanglash deb ataladi.

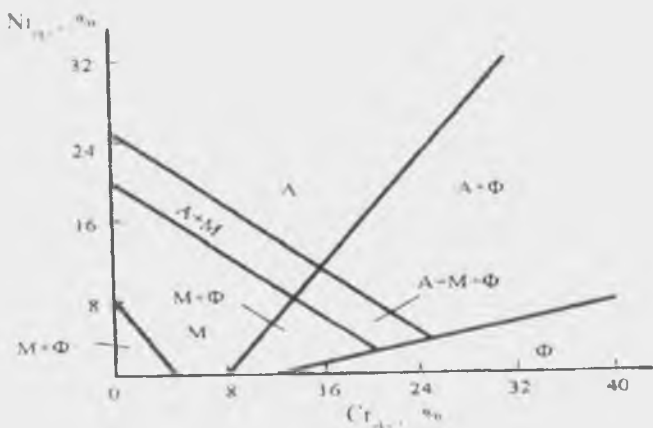
Konstruksion materiallar ishlash davrida, ayniqsa agresiv muhitda yuqori zanglamaslik xossasiga ega bo‘lishi lozim. Metallar va ularning qotishmalari ko‘proq zanglaydi, chunki, ularning kimyoviy aktivligi va elektr toki o‘tkazish qobiliyati yuqori.

Korroziyabardosh-zanglamaydigan po‘latlar deb havo sharoitida, daryo, dengiz suvlarida, tuzlar eritmalarida, ishqor va ba‘zi kislotalarda (umuman tashqi muhitda) uy hamda yuqori haroratlarda kimyoviy va elektrokimyoviy yemirilishga-korroziyaga qarshilik ko‘rsataoladigan po‘latlarga aytiladi. Zanglamas po‘latlarda yemirilish nisbatan ancha sekin o‘tadi. Metallarni yemirilish jarayoni ikki xil ko‘rinishda o‘tadi: elektrokimyoviy va kimyoviy.

Korroziyabardosh po‘latlar yuqori legirlangan po‘lat bo‘lib, bunda xrom miqdori Cr-13% ko‘p bo‘lishi shart. Xrom metall sirtida sustlashtiruvchi himoya plyonkasini hosil bo‘lishini ta‘minlaydi.

Plyonkalar, material yuqori haroratda qizdirilib havoda sovitilgandan so‘ng (normallashtirilgandan so‘ng) hosil bo‘lganlari: martensitli, martensit-ferritli, (ferrit miqdori 10% dan kam bo‘lmagan holda),

ferritli, austenit-ferritli (ferrit miqdori 10% dan kam bo'lmagan holda), austenitli, austenit-martensitli strukturalar 6.2-rasmda ko'rsatilgan.



**6.2-rasm. Korroziyabardosh po'latlarning strukturalari ularni kimyoviy tarkibiga bog'liqligi.**

Ferrit va austenit hosil qiluvchi elementlarni yig'indi ta'sirini xrom ( $Cr_{ekv}$ ) va nikel ( $Ni_{ekv}$ ) ekvivalentlari ifodalaydi:

$$Cr_{ekv} = Cr + 2Si + 1,5Mo + 5V + 5,5Al + 1,75Nb + 1,5Ti + 0,75W.$$

$$Ni_{ekv} = Ni + 0,5Mn + 30C + 30N + 0,3Cu.$$

Simvollar legirlovchi elementlarni po'latda massali ulushini va raqamlar ularni aktivlik koeffitsiyentini ko'rsatadi.

Xromli korroziyabardosh po'latlarda uglerod miqdori iloji boricha kam bo'lishi lozim, chunki qotishmaning zanglamaslik qobiliyati bir fazali strukturada turg'un bo'ladi. Uglerodning ko'payishi karbidlar hosil bo'lishiga olib keladi, bu esa strukturani bir xil emaslikka duchor qiladi. Lekin uglerod toblash samaradorligini ko'p oshiradi.

Hozirgi paytda kam uglerodli yuqori azotli korroziyabardosh po'latlarni bir qancha guruhlarini ishlab chiqilgan.

Po'latni mustahkamligini oshirish va tannarxini pasaytirish yo'lida eng yaxshi legirlovchi element bu—azotdir.

Azot zo‘r austen hosil qiluvchi va mustahkam oshiruvchi legirlovchi element. Azot po‘latdan uni termik ishlashda va payvandlashda chiqib ketadi.

## 6.8. Olovbardosh po‘latlar

Metallik konstruksion materiallarni ishlash va ulardan foydalanish (ekspluatatsiya) davrida yuqori haroratlarda qizdirilganda agresiv muhitda kimyoviy reaksiyaga kirishadi va yemiriladi.

Yuqori haroratlarda uzoq vaqt qizdirilganda uncha oksidlanmaydigan – ya’ni kuyundi hosil qilmaydigan metallar (po‘latlar) olovbardosh metallar (po‘latlar) deb ataladi. Olovbardoshlik bu yuqori haroratlarda zanglamaslik desa ham bo‘ladi.

Temir va po‘latni olovbardoshligini xrom, aluminiy va kremniy bilan legirlash bilan oshiriladi. Temir va po‘latni butun hajm va yuzasini legirlashda eng ko‘p qo‘llaniladigani xrom va uning miqdori 30% gacha yetadi. Po‘lat tarkibida xrom miqdorini ortishi bilan hamda haroratning ko‘tarilishi va unda ushlab turish vaqtini ortishi bilan oksidida xrom miqdorini ko‘paytiradi. Temirni legirlangan oksidi xrom oksidi bilan almashadi, bu olovbardoshlikni oshiradi.

Po‘latda qancha xrom ko‘p bo‘lsa shuncha yuqori haroratda ishlatilishi bo‘ladi, undan foydalanish vaqti ham uzoq bo‘ladi. Olovbardoshlik po‘latning kimyoviy tarkibi bilan (asosan xrom miqdori bilan) aniqlanadi.

Olovbardosh po‘latlarni kremniy (2–3%) va aluminiy (1–2%) bilan qo‘shimcha legirlash uni ishlatish haroratini ko‘taradi.

### Olovbardosh po‘latlarning kimyoviy tarkibi va xossalari

6.4-jadval

Po‘lat markasi	Elementlar miqdori, %				Xossalari	
	C	Cr	Ni	Si	$\sigma_{MP}$	$\delta, \%$
08X17T*	<0,08	16–18	0,7	0,8	450	20
15X28*	<0,15	27–29	0,8	1,0	450	20
20X23H18**	<0,2	22–25	17–20	1,0	500	35
20X25H20C2**	<0,2	24–27	18–21	2–3	600	35

Eslatma: po‘lat 08X17Tda Ti=0,4–0,8; \*-normallashtirilgan holda; \*\*- toblangan holda;



Cr va Si bilan legirlangan olovbardosh po‘latlarni “silxrom”; Cr va Al bilan legirlansa “xromal”; Cr-Al-Si bilan legirlansa “cilxromal” deb nomlanadi. “Silxromal”larning quyundi hosil bo‘lish harorati ancha yuqori (850–950°C). Bular yog‘da toblanadi (1000–1050°C) va bo‘shatiladi (500–540°C).

## 6.9. Issiqbardosh po‘latlar

Materiallarni o‘z erish haroratini 0,3 qismidan yuqorisida uzoq vaqt deformatsiyaga (mexanik nagruzkalarga) bardosh berishligi va buzilmasligi (yemirilmashligi) uni issiqbardoshligi deyiladi. Hozirgi zamon mashina detallari yuqori haroratda katta kuchlar ostida ishlaydilar: metallurgiya pechlari, gaz trubinalari, ichki yonar dvigatellar va h.k.

Qizdirish atomlararo bog‘lanish kuchlarini pasaytiradi, yuqori haroratlarda elastik moduli kichiklashadi, vaqtincha qarshilik ham kamayadi, oquvchanlik chegarasi ham, qattiqlik ham pasayadi.

Yuqori haroratlarda uzoq vaqt kuch yuklangandagi material holati (o‘zini tutishi) undagi diffuzion jarayonlar bilan aniqlanadi. Bu sharoitlarda oquvchanlik jarayonlari va kuchlanish relokatsiyasi jarayonlari xususiyatiga ega.

Oquvchanlik chegarasidan past kuchlar ta’sirida plastik deformatsiyaning asta-sekin o‘shishiga **oquvchanlik** deyiladi.

Issiqbardoshlikni ta’minlash uchun dislokatsiyalarni harakatlanuvchiligini chegaralash va diffuziyani sekinlashtirish lozim. Bunga atomlararo bog‘lash kuchlarini kattalashtirish bilan erishiladi: donalar orasida dislokatsiyalarni ko‘chishiga to‘siqlar qo‘yiladi, donalar o‘lchamlari kattalashtiriladi.

Atomlararo kuchlar mustahkamligini legirlash bilan oshiriladi: kristallik panjara turini o‘zgartirish bilan, metallik bog‘lanishdan baquvvatroq kovalent bog‘lanishga o‘tish bilan.

Legirlashni maqsadga muvofiqligi–qiyin eriydigan metall bilan legirlashdir, hajmi markazlashgan kristallik panjarali issiqbardosh po‘latni molibden (1%gacha) bilan, yoqlari markazlashgan kristallik panjarali issiqbardosh po‘latni volfram, molibden, kobalt (jami 15–20%gacha) bilan legirlanadi.

Issiqbardosh po'latlarning donalari chegaralarini mustahkamligini oshirish uchun oz miqdorda legirolovchi elimentlar (0,1–0,01%) kiritiladi. Bular donalar chegaralarida yig'ilib dona chegarali siljishni sekinlashtiradi. Termo-mexanik ishlash ham po'latni issiqbardoshligini oshiradi.

Perlitli, martensitli va austentli issiqbardosh po'latlar 450–700°C da ko'p ishlatiladi. Nikelli va kobaltli issiqbardosh po'latlar 700–1000°C da ishlatiladi. 1000°C dan yuqori haroratda issiqbardosh po'lati sifatida qiyin eriydigan metallar va ularning qotishmalari ishlatiladi.

### Nazorat savollari:

1. Po'latning zanglamaslik xossasini qaysi element ta'minlaydi?
2. Olovbardosh va issiqbardosh po'latlarni farqlab bering?
3. Maxsus xossali po'latlarga tarif bering?
4. Tezkesar po'latlarni qanday turlari mavjud?
5. Nikelni qo'shilishi po'latning qaysi xossalariga ta'sir ko'rsatadi?
6. 4X12H8Г8 МФБ qanday po'lat turiga kiradi?
7. Yuqori haroratli materiallar qayerlarda qo'llaniladi?
8. ХН55ВМТФКЮ qanday qotishma?

## 7-BOB. ALOHIDA XOSSALI PO'LATLAR

### 7.1. Om qonuni

Qattiq moddalarni muhim xossalaridan biri ularni o'tkazuvchanligidir. Bu Om qonuni bilan ifodalanadi. Om qonuni tok  $I$  ni (elektr zaryadini o'tish tezligi) qo'yilgan kuchlanish  $v$  bilan bog'laydi:

$$V=I R(7.1)$$

$R$  – tok o'tayotgan namuna qarshiligi.

O'lchash birliklari: volt (Dj/Kl), Amper (Kl/s), Om (V/A)

Elektr qarshiligi kattaligi namunaning o'lchamlariga va ko'pchilik moddalar uchun tokka bog'liq bo'ladi. Nisbiy qarshilik  $\rho$  namuna shakli va o'lchamlariga bog'liq emas va quyidagicha aniqlanadi.

$$\rho=RA l(7.2)$$

$l$  – kuchlanish o'lchaniladigan ikki nuqta orasidagi masofa.

$A$  – namuna ko'ndalang kesim yuzasi, tok yo'nalishiga perpendikular tik holda o'lchanadi, o'lchash birligi – Om m.

$$\rho=VA/IL(7.3)$$

**O'tkazuvchanlik.** Ba'zan moddalarni elektrik xossalarini baholash uchun o'tkazuvchanlik  $\sigma$  dan foydalaniladi. O'tkazuvchanlik nisbiy qarshilikka teskari kattalik

$$\sigma =\eta \cdot \rho (7.4)$$

Bu kattalik modda orqali tokni o'tish yengilligini osonligini ifodalaydi. O'tkazuvchanlik birligi nisbiy elektroqarshiligi birligiga teskari, ya'ni (Om m)<sup>-1</sup>

(7.1) Tenglama o'rniga Om qonuni quyidagi holda yozilishi mumkin:

$$J=\sigma E$$

Bu yerda  $J$  -elektr toki zichligi, ya'ni ko'ndalang kesim yuzasiga to'g'ri kelgan tok:

$J =I/A$ :  $U E$  – elektr maydoni kuchlanishligi, ya'ni uzunlik birligiga to'g'ri kelgan kuchlanishlik.

$$E=V/l$$

Qattiq moddalarni jismlar klasifikatsiya qilishni eng tarqalgan usullaridan biri – bu elektr toki o‘tkazish qobiliyatidir. Shu nuqtayi nazardan barcha moddalar uch guruhiga bo‘linadi: o‘tkazgichlar, yarim o‘tkazgichlar va dielektriklar. Metallar odatda yaxshi o‘tkazgich hisoblanadi va ularni o‘tkazuvchanligining kattaligi  $10^7$  (Om·m)<sup>-1</sup>. Izolatorlarning o‘tkazuvchanligi esa  $10^{-10}$ – $10^{-20}$  (Om·m)<sup>-1</sup>ga teng. Bularni o‘rtasida yarimo‘tkazgichlar yotadi; o‘tkazuvchanligi  $10^{-4}$ – $10^1$  (Om m)<sup>-1</sup>ga teng.

## 7.2. Metallarni elektr qarshiligi

Elektr toki elektr zaryadlangan zarralarni harakati, elektr maydoni ta’siri natijasida hosil bo‘lgan kuch ta’siri natijasida vujudga keladi. Musbat zaryadlangan zarrachalar elektr maydoni yo‘nalishi bo‘yicha tezlanish bilan harakat qiladi; manfiy zaryadlangan zarrachalar teskari tomonga harakatlanadi. Ko‘pchilik holatlarda qattiq moddalarda tok – bu elektronlarning xarakteridir va bu hodisa elektronli o‘tkazuvchanlik deb nomlanadi. Bulardan tashqari ionli modda zaryadlangan ionlar harakatlanishi mumkin. Bu hodisani ionli o‘tkazuvchanlik deb ataladi.

Ko‘pchilik metallar tokni o‘tkazadilar. Quyidagi jadvalda (7.1-jadval) bir qancha metallarning va qotishmalarning xona haroratidagi o‘tkazuvchanligi berilgan.

### Metallarning va qotishmalarning o‘tkazuvchanligi

7.1-jadval

Metallar	O‘tkazuvchanlik
Kumush	$6.8 \cdot 10^7$
Mis	$6.0 \cdot 10^7$
Oltin	$4.3 \cdot 10^7$
Aluminiy	$3.8 \cdot 10^7$
Bronza (70%mis, 30rux)	$1.6 \cdot 10^7$
Temir	$1.0 \cdot 10^7$
Platina	$0.94 \cdot 10^7$
Uglerodli po‘lat	$0.6 \cdot 10^7$
Zanglamaydigan po‘lat	$0.2 \cdot 10^7$

### 7.3. Elektrotexnik po‘lat

Temir bilan kremniyning qotishmasi elektrotexnik po‘lat deyiladi. Kremniy miqdori 0,5% bo‘ladi. Bunda uglerod va oltingugurt qo‘shimchasi bo‘lishi mumkin. Lekin ularning miqdori 0,01% dan ortsa qotishmaning magniy yo‘qotishlari sezilarli oshadi. Kremniy qo‘shilganda magnit xususiyatlarini yomonlashtiruvchi  $Fe_3C$  tarkibidagi uglerod grafitga qaytariladi. Kremniy qo‘shilishi magnitstriksiyasini va anizotropiyani pasaytiradi, po‘lat yirik donali strukturali bo‘ladi. Kremniy kristallik panjarani ozgina buzib qiyshaytirib nisbiy qarshilik  $\rho$  ni  $60 \cdot 10^{-6}$  Om sm gacha oshiradi.

Kremniy miqdori  $Si > 3\%$  ortishi bilan induksiya to‘yinishi pasayadi, qattqlik va mo‘rtlik ortadi. Bu po‘latlar ikki xil ishlab chiqariladi.

1. Issiq prokat qilingan po‘latlar. Qalinligi  $t=0,35-1,0$  mm qilib prokatlanadi, chastotasi 50 va 400 Gts uchun  $t=0,1-0,2$  mm yuqori chastotalarda ishlaydigan agregatlar uchun;

Agar po‘lat tarkibida  $S=1-2\%$  bo‘lsa, bu po‘lat dinam po‘lat deyiladi. Agar  $S > 2\%$  bo‘lsa, transformatorli deyiladi. Mexanik kuchlanishlar natijasida magnit xususiyatlari pasayadi. Shuning uchun shtamplangan magnit o‘kazgichlar bo‘shatiladi. Issiq prokatlangan bu po‘latlar 50Gts ishlaydigan generator, transformator va dvigatellar uchun qo‘llaniladi.

2. Sovuq prokat qilingan po‘latlar. Issiq holda prokat qilinda prokat bo‘yicha hamma yo‘nalishlarda magniy xossalari bir xil bo‘ladi (magnitoizotropiya). Agar shu qayta sovuq holda prokatlanib, yuqori haroratda uzoq bo‘shatilsa, metall zarrachalari-donalari prokat yo‘nalishi bo‘yicha yo‘llangan teksturali bo‘ladi. Magnitlanganda prokat yo‘nalishi bo‘yicha magnit xususiyatlari yuqori bo‘ladi: anizotropiya bo‘ladi. Issiq prokatlash bilan qalinligi  $t=2,5-2,8$  mm bo‘lgan polosa olinadi. Sovuq prokatlash 2 va 3 sikldan iborat:

1.  $t=1$ mm gacha prokat va bo‘shatish vodorod muhitida (yoki vakuumda)  $750^{\circ}C$  da;

2.  $t=0,5-0,35$ mm gacha sovuq prokatlash, bo‘shatish  $1100^{\circ}C$  da kerak bo‘lsa;

3.  $t=0,2-0,1$ mm gacha prokatlash, bo'shatish.

Bo'shatish natijasida ichki kuchlanish bo'yicha pasayadi, zararli qo'shimchalar chiqarib tashlanadi, sovuq prokatlangan po'lat ancha yuqori induksiyaga ega. Issiq holda prokatlangan po'latni magnitlash va prokatlash o'qlari to'g'ri kelganda samaradorlik kuchli bo'ladi. U katta bo'lmagan transformatorlarda sovuq prokatlangan listni qo'llashda po'lat sarfi 30% ga kamayadi, yo'qotish esa 40%ga. Sovuq prokatlangan lentalar qalinligi  $t=0,2-0,5$  mm bo'lganda 50Gts chastotada ishlatiladi.

Issiq prokatlangan elektrotexnik po'latlar: E11-E13, EP1-E23, E43A, E45-E46, E47-E48. Birinchi raqam Si miqdori ikkinchi raqam ishlatish joyi.

Sovuq holda prokatlanganlar: E310-E330, E370-E380. Uchinchi raqam "0" sovuq prokatlangan. "A" yaxshilangan.

#### **7.4. Sovuqqa chidamli materiallar**

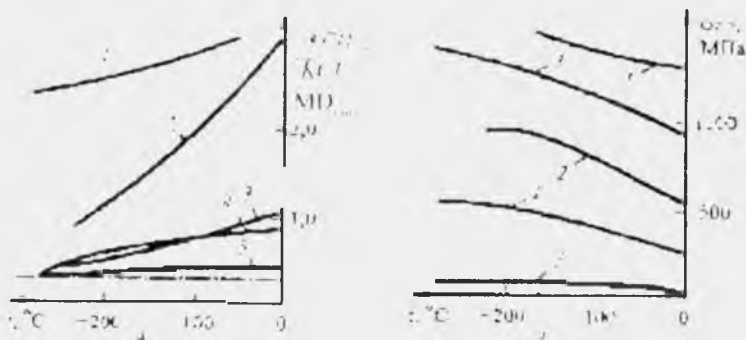
Sovuqqa chidamli materiallar deb, past haroratlarda (0–260°C) ham o'zini qovushqoqligini yetarli darajada saqlab turadigan materiallarga aytiladi. Sovuq sharoitda ishlaydigan po'lat konstruksiyalar (ko'priklar, stalbalar, temir yo'l relslari, gaz va neft trubalari) qurilish mashinalari, avtomobillar (shimoliy joylarda -60°C da ishlaydigan) juda ko'p.

Materiallarni ishlash harorati pasayishi bilan ularning qovushqoqligi, plastikligi pasayadi mo'rt yemirilishga (buzilishga) moyiligi ortadi. Bu materialni mo'rt sinishga olib keladi. Mo'rt temirga, po'latlarga, hajmi markazlashgan va geksogonal panjarali po'lat va qotishmalarga xos. Material ishonchli ishlashi uchun qovushqoqlik harorati zaxirasi bo'lishi lozim. Bunga materialni sovuq sinish chegarasi uni ishlatish haroratini past bo'lgan holatda erishiladi. Materialni zarur bo'lgan qovushqoqlik harorat zaxirasi materialni sovuq sinishiga ta'sir qiluvchi faktorlarga bog'liq: kuchlanishlarni to'planishiga, kuch qo'yish tezligiga, detal o'lchamlari va h.k.

Qovushqoqlikni harorat zaxirasi qancha katta bo'lsa, soviq sinish xavfi kichik bo'ladi, ishlash ishonchligi yuqori bo'ladi.

Yoqlari markazlashgan kristallik panjarali metall va qotishmalar, titan va uning geksogonal panjarali qotishmalarini sovuq sinish chegarasi yoʻq, ularni sovutganda zarbiy qovushqoqligi bir tekis kamayadi.

Bunday materiallarni sovuq sinishi uni zarbiy qovushqoqligi  $0,3 \text{ MD} / \text{m}^2 (t_{ks} = 0,3)$  dan koʻp boʻlgandagi harorati bilan baholanadi.



**7.1-rasm. Konstruksion materiallarni zarbiy qovushqoqligini (a) va oquvchanlik chegarasini (b) haroratga bogʻliqligi.**

1-12X18H10T-suvda toblash ( $1100^{\circ}\text{C}$ ); 2-0H9-suvda toblash ( $980^{\circ}\text{C}$ ), boʻshatish ( $600^{\circ}\text{C}$ ); 3-BT5-1-normallashtirish ( $750^{\circ}\text{C}$ ); 4-03X9K14H6M3T-havoda toblash ( $950^{\circ}\text{C}$ ), eskirtirish. 5-AM<sub>5</sub>-boʻshatish ( $400^{\circ}\text{C}$ ).

Sovuq sinishga yana quyidagi faktorlar ham taʼsir qiladi: mustahkamlik ( $\sigma \cdot \sigma_{ag}$ ), fizik va texnologik xossalar, tashqi muhit bilan mosligi.

Materialni issiqlik sigʻimi va issiqlik oʻtkazishligi qancha kichik boʻlsa, uni sovishi shuncha oson boʻladi.

Plastiklik yupqa listlar va yupqa devorli elementlar olish imkonini beradi. Yupqa devorli detallar (konstruksiyalar) qalin devoriga nisbatan sovuq sinishga moyilligi kam.

Vodorod metallarda, ayniqsa titanda erib uni yaxshigina moʻrtlashtiradi.

**Sovuqqa chidamli po'latlar.** Hajm va yoqlari markazlashgan kristallik panjarali po'latlar iqlimi sovuq sharoitlarda ishlatiladi. Bularning harorati chegarasi  $0^{\circ}$  - ( $-60^{\circ}\text{C}$ ), bu chegara po'latni metallurgik xossalariga bog'liq: kam uglerodli va mayda donali (10–20mkm) struktura olish; zararli qo'shimchalarni kamaytirish, ularni kam uchraydigan metallar qo'shish bilan neytrallashtirish va V Nb, Ti bilan legirlash, hamda termik yaxshilash.

Eng ko'p ishlatiladigani – kam uglerodli po'latlar, chunki uglerod miqdori ortishi bilan sovuq sinish chegarasi ko'tariladi va payvandlanuvchanlik yomonlashadi.

Oddiy sifatli po'latlarni metallurgik usulda (donalarni maydalash, mikroleqirlash) ishlab sovuq ishlash haroratini  $-50^{\circ}\text{C}$  gacha keltirish mumkin; bu legirlash usuli bilan olinganga qaraganda arzon. Bu hol yupqa devorli konstruksiyalar uchun, lekin yirik konstruksiyalar uchun kam legirlangan yuqori puxtalikdagi payvandlanadigan yuqori puxtalikdagi 09Г2С, 14Г2АФ po'latlari ishlatiladi. O'rta uglerodli yaxshilanadigan va prujina po'latlari (45, 40X65Г, 60С А) ham ishlatiladi. Nikelli po'latlar 12XH3A va 18X2H4MA termik yaxshilanganidan so'ng  $-196^{\circ}\text{C}$  ishlaydi.

Sovuq iqlimda ishlaydigan po'lat quymalarni tarkibi Davlat Standarti (DSt) 21357–87 bilan ta'minlangan: C=0,08–0,20% legirlovchilar Ni, Mn, Cr va oz-oz miqdorda V, Nb, Ti va zararli elementlar chiqindilarni kamaytirish, ayniqsa, S va P (har birini miqdori 0,02% dan kam). Zararli elementlar Pb, Sn, Zn, Sb, Bi (bu sharoit uchun) ham kamaytiriladi.

Kriogen texnikada austenitli po'latlar 12X18H10TЛ; 10X14P4H4TЛ; 07X13AГ19Л ishlatiladi. Austenitli quyma po'latlar 08X8Г28Л va 07X8Г28H3ФЛ strukturalarini  $-253^{\circ}\text{C}$  da ham saqlaydi. Quyma austenit po'latlardan ventil korpusi va suyuq gaz tashuvchi va quyuvchi tizimlar armaturalari yasaladi.

Invar 36H (bunda 36%Ni, qolgani Fe) qotishmasi turg'un yoqlari markazlashgan kristall panjaraga ega. Uni issiqlikdan kengayishi juda kam: temirnikidan 8 baravar kichik. Bu qotishmani chiziqli uzayish koeffitsiyenti  $-80^{\circ}$   $+100^{\circ}\text{C}$  orasida o'zgarmaydi. "Invar" so'zi inglizchada o'zgarmas degani. Demak, bu qotishmadan yasalgan detal



termik deformatsiyalanmaydi hisob, termik kuchlanish bo'lmaydi. Lekin korroziya bardoshligi kam va qimmat.

Chiziqli kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lgan yana bitta nikel qotishmasi platinit deb ataladi. Platinitni kengayish koeffitsiyenti shishaniki kabi:  $9 \times 10^{-6}$  ga teng.

Agar invar tarkibidagi nikelning bir qismini kobaltga almashtirilsa, superinvar qotishmasi hosil bo'ladi va uning uzayish koeffitsiyenti invarnikidan ham kichik bo'ladi:  $\alpha = 10^{-6}$  grad $^{-1}$ .

**Sovuqqa chidamli qotishmalar.** Aluminiy va uning qotishmalarini sovuq sinish ostonasi yo'q, shuning uchun ularning qovushqoqligi  $-253 \div -269^{\circ}\text{C}$  da saqlanadi. Sovitilganda ularning mustahkamligi ( $\sigma_v$ ) 35–60% ga, oquvchanlik chegarasi ( $\sigma_{0.2}$ ) 15–25% ga ko'tariladi, zarbiy qovushqoqligi bir tekisda 0,2–0,5MDj/m $^2$  qiymatgacha kamayadi. Issiqlik o'tkazish qobiliyati katta bo'lgani uchun ularni issiqlikda kengayishi katta bo'ladi. Bu – deformatsiyalanib ahamiyatli termik kuchlanishga olib keladi degani. Buni salbiy ta'sirini yo'qotish uchun, elimentlari qattiq mahkamlanadigan konstruksiyalarga kompensatorlar qo'yiladi.

Sovuq haroratlarda ( $-253$  dan  $-269^{\circ}\text{C}$  gacha) termik ishlab pux-talanmaydigan aluminiy qotishmalari AM $_{18}$ , AM $_{2}$ , AM $_{5}$  lar ishlatiladi.

Titan va uning qotishmalari harorat  $-196$  dan  $-269^{\circ}\text{C}$  da ham mo'rtlashmaydi. Shuning uchun nisbiy mustahkamligi katta bo'lganidan kosmik texnikada ishlatiladi. Texnik toza titan va uni fazali qotishmalari BT5–1, OT4 keng qo'llaniladi. Bular ancha plastik, oson payvandlanadi.

Mis va uning qotishmalari. Bularni sovuq sinish ostonasi yo'q. Sovutish jarayonida uning buzilish qovushqoqligi ko'tariladi. Bulardan  $-269^{\circ}\text{C}$  gacha sovuqda ishlaydigan trubali konstruksiyalar, mahkamlash detallari, payvandlangan korpuslar yasaladi.

## Materialni ishonchli ishlash harorati chegarasi

7.2-jadval

Materiallar	Materialni ishonchli ishlash harorati chegarasi°C	
	Qo'shimcha ishlov bermasdan	Sovuqqa chidamlilikni yaxshilagandan so'ng
Po'lat uglerodli oddiy sifatli	-20	-50
Uglerodli sifatli	-30	-60
Kam legirlangan, 09Г2Сtipida	-40	-60
Nikelli, Ni=6%(OH6)	-100	-150
Nikelli, Ni=9%(OH9)	-150	-196
Martensit-eskiruvchi 03X9K14NbM3T	-196	-253
Austenitli 03X13AГ19	-130	-196
Austenitli 12X18H10T	-253	-269
Invar 36H	-269	-269
Aluminiy va uning qotishmalari ADI, AM <sub>n</sub>	-269	-269
AM <sub>1</sub> , AM <sub>5</sub>	-253	-269
D 16	-196	-253
B 95tipidagi	-196	-253
Titan qotishmalari BT5-1	-253	-269
BT3-1	-196	-253
Mis va uning qotishmalari M1, M2, M3	-269	-269
БpAЖH10-4-4	-196	-253
Л63, ЛЖM <sub>ts</sub> 59-1-1	-253	-269
БpБ2	-269	-269

## 7.5. Radiatsiyaga chidamli (bardoshli) materiallar

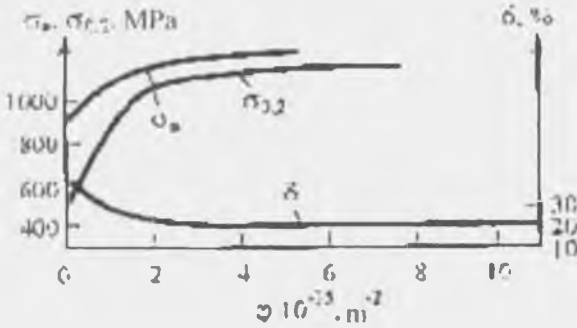
Nur ta'sirida materiallarda struktura o'zgarishlari bo'ladi va material xossalarini (ayniqsa ishlatish vaqtida) nomaqul o'zgarishlarga olib keladi. Eng ko'proq ta'sir qiladigani neytron nurlaridir. Radiatsiyaga chidamlilik (bardoshlik) bu—material struktura va xossalarini nurlanish sharoitida turg'unligidir. Nurlanish ta'sirida hosil bo'lgan struktura o'zgarishlari mexanik xossalarga va korrozion turg'unlikka ta'sir qiladi.

Nurlanish nuqtaviy va chiziqli nuqsonlarni hosil bo'lishiga olib keladi. Nurlanayotgan material atomlari o'z o'rnilaridan surilib, tunganlar orasiga joylashib vakansiya nuqsonini ham hosil qiladilar. Bitta zarracha keltirib chiqargan vakansiyalar soni uni ko'rinishiga va energiyasiga bog'liq va yana nurlanayotgan material xossalariga bog'liq.

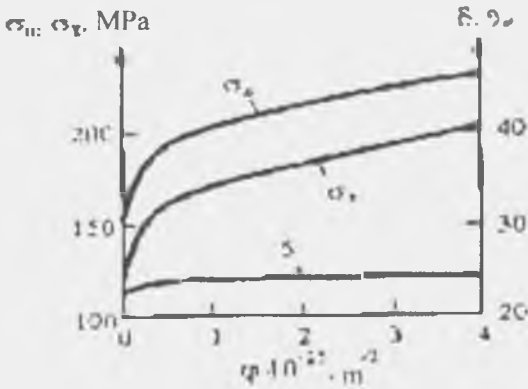
Ba'zi materiallarda yadro reaksiyalari o'tib gazzimon mahsulot ajraladi.

Nurlanishni rekristallanish haroratidan pastda olib borilsa, bunga past haroratli nurlanish deyiladi. Bunda struktura o'zgarishlari va metall hamda qotishmalarning mexanik xossalari, xuddi sovuq deformatsiya natijalariga o'xshaydi: ya'ni material puxtalanadi, lekin plastikligini yo'qotmaydi. Uglerodli po'latlar 20°C da neytron nurlari oqimi  $\varphi=2 \times 10^{23} \text{m}^{-2}$  bo'lsa eng katta mustahkamlikka ega bo'ladi. Agar  $\varphi=3 \times 10^{23} \text{m}^{-2}$  bo'lsa, po'lat eng yuqori puxtalanadi (7.2-rasm).

Yuqori haroratli nurlanishda-rekristallanish haroratidan yuqori haroratda radiatsion normallash jarayoni o'tadi: materialni strukturalari va mexanik xossalari tiklanadi. Perlitli po'latlarni 250–450°Cda nurlatganda xossalari kam o'zgaradi, 450°Cdan yuqorida amalda o'zgarmaydi. Austenitli po'latlar 600°Cda turg'un. Aluminiy va magniyni rekristallanish harorati past. Ular 150°Cdan yuqorida radiatsiyaga bardoshli, aluminiy plastikligi o'zgarmaydi, mustahkamligi hatto ortadi ham (7.3-rasm).



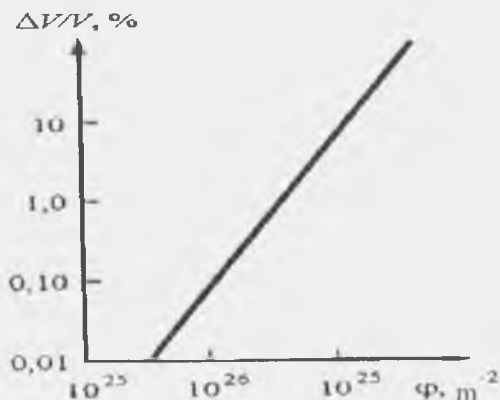
7.2-rasm. Austenitli po‘lat 12X18N10T ni 20°Cda mexanik xossalarini past haroratli nurlanishda (neytronlar bilan) o‘zgarishi.



7.3-rasm. Alumiyni neytronlar bilan yuqori haroratda nurlashda 20°C da mexanik xossalarini o‘zgarishi.

Yuqori haroratli katta oqimli neytronlar bilan nurlanganda, ba’zi metallar (austenitli-xromli po‘latlar va qotishmalar, Ni, Mo, Ti, Zr, Be asosidagi qotishmalar) ishadi. Berilliy 800–900°C dan neytron

potok  $\varphi=10^{24}\text{m}^{-2}$  bilan nurlanganda hajmi 3–5% ga ortadi, austenitli po‘lat 450°C da oqim  $\varphi=10^{27}\text{m}^{-2}$  bilan nurlanganda hajmi 10% ga ortadi (7.4-rasm).



**7.4-rasm. Austenitli po‘lat 12X18N10Tni 450°C da nurlanishi uni hajmini nisbiy kattalashishiga ta’siri.**

#### Sinov savollari:

1. Om qonuniga ta’rif bering?
2. Materialning elektr qarshiligi deganda nimani tushinasiz?
3. Nisbiy qarshilik qanday aniqlanadi?
4. O‘tkazuvchanlik bilan nisbiy qarshilik orasidagi bog‘lanishni tushuntiring?
5. Elektronli va ionli o‘tkazuvchanlikka ta’rif bering?

## 8-BOB. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI

### 8.1 Aluminiy va uning qotishmalari

Aluminiy (Al) – mashinasozlik va elektrotexnikada eng ko‘p qo‘llanadigan materiallardan biridir. U dunyo bo‘yicha yiliga 15 mln. tonnadan ko‘p ishlab chiqariladi. Birikma sifatida tabiatda ko‘p tarqalgan, metallar ichida birinchi, hamma elementlar ichida – uchinchi o‘rinda turadi. Mashinasozlik materiali sifatida afzalliklari – yuqori solishtirma mustahkamlik, elektr va issiq o‘tkazuvchanlik hamda korroziyahardoshlikdan iborat. Fizik – mexanik xususiyatlarini yaxshilash uchun legirlanadi. Aviasozlik, kema va mashinasozlikda aluminiy qotishmalari – quyma usulda olinadigan duralumin, silumin, magnalin va shu kabilar, shuningdek, kukunli metallurgiya usuli bilan olinadigan aluminiy birikmalari – CAII va CAC konstruksion material sifatida ko‘p ishlatiladi.

Aluminiy qotishmalari tayyorlash texnologiyasi, termik ishlovdan keyingi mustahkamlanish darajasi va ekspluatatsiya xususiyatlari bo‘yicha tavsiflanadi. Kukunli metallurgiya usuli bilan olinadigan alumin qotishmalari alohida e‘tiborga loyiq. Ularning mustahkamlik, korroziyabardoshlik, issiqqa mustahkamlik ko‘rsatkichlari ancha katta. Alumin kukunlarini qizdirib yopishtirilgan materiallarni og‘ir metall qotishmalari o‘rniga ishlatish mumkin. Alumin asosidagi materiallarga termik ishlovlar berib, mustahkamlik va texnologik tavsiflarini oshirish mumkin.

**Aluminiy** metallar orasida eng ko‘p tarqalgani va bu jihatda birinchi o‘rinda turadi. Mashinasozlikda eng ko‘p tarqalgan, chunki nisbiy puxtaligi, elektr va issiqlik yaxshi o‘tkazishi, zanglamasligi (korroziyabardoshligi) yaxshi.

**Kristall panjarasi:** yoqlari markazlashgan kub;  $s = 9-12 \text{ kg/mm}^2$  ( $90-120 \text{ MPa/m}^2$ );  $d = 10-25\%$ ;  $HV = 25-35$ ; zichligi  $g = 2700 \text{ kg/m}^3$ .

Zichligi – solishtirma og‘irligi  $5000 \text{ kg/m}^3$  dan kam bo‘lgan metallar yengil metallar deb nomlanadi. Aluminiy sirtida zich aluminiy

oksid ( $Al_2O_3$ ) pardasi hosil bo'lib, metallning ichki qismlarini korroziyalanishdan saqlaydi.

Energetika sohasida aluminiyning qotishmalari keng ishlatiladi: **duraluminiy**(Al-Cu-Mg), **silumin**(Al-Si), **magnaliy** (Al-Mg) lar. bular, quyish usuli bilan olinadi. Bundan tashqari, aluminiy kukuni qotishmalari ham keng ishlatiladi: pishirilgan aluminiy kukuni (PAK),bunda  $Al_2O_3$  zarrachalari (6–22%) Al bilan biriktiriladi; pishirilgan aluminiy qotishmalari (PAQ), bular tarkibiga  $Al_2O_3$  dan tashqari Fe, Hi, Cr, Mn, Cu qo'shiladi (legirlanadi).

Aluminiy tarkibida doimiy elementlar bor: Fe, Si, Cu, Zn, Ti. Bularning hajmiga qarab, tozalik bo'yicha aluminiy quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1. **Alohida tozalikdagi aluminiy**: A999. Bunda qo'shimchalar miqdori 0,001%.

2. **Yuqori tozalikdagi aluminiy**: A995, A99, A97, A95. Bunda qo'shimchalar 0,05% gacha.

3. **Texnik tozalikdagi aluminiy**: A85, A8, A7, A5, A0. Qo'shimchalar 0,15 ..... 1,0%.

Qo'shimchalar aluminiyning elektrik va texnologik xossalari kuchli ta'sir qiladi, bulardan Fe va Si – asosiylari. Fe elektr o'tkazuvchanlikni va plastiklikni kamaytirib, puxtalikni biroz oshiradi. Si, Cu, Mg, Zn, Mn, Hi, Cr –lar puxtaligini oshiradi. Puxtaligi yuqori bo'lmaganidan aluminiydan kuch kam qo'yilgan detallar, konstruksiyalar, issiqlik o'tkazish kerak bo'lgan, korroziya bardosh yengil detallar yasaladi. Texnikaviy aluminiydan yarim mahsulot listlari va profillar chiqariladi. Yuqori tozalikdagi aluminiydan folga, tok o'tkazadigan va kabel mahsulotlari yasaladi.

Mashinasozlikda aluminiy qotishmalari keng qo'llaniladi. Legirlovchi elementlar sifatida Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Li, Ni, Ti, Sb lar ishlatiladi.

A – harfi texnikaviy aluminiylikini ko'rsatadi.

AK – bolg'alanuvchi texnikaviy aluminiy qotishmasi.

B – yuqori puxtalikdagi aluminiy qotishmasi.

AlI – quyma aluminiy qotishmasi.

Raqamlardan keyingi harflar quyidagilarni bildiradi:

M – yumshoq.

I – termik ishlangan (toblash va puxtalash).

N – pachaqlash hisobiga puxtalikni oshirish.

**Deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalari.** Deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalari ikki guruhga bo'linadi: a) termik ishlash natijasida puxtalanadigan; b) puxtalanmaydigan.

Termik ishlash natijasida puxtalanadigan Al qotishmalari: 1) o'rtacha puxtalikdagi, 2) yuqori puxtalikdagi, 3) o'tga bardosh, 4) bolg'alanuvchi va shtamplanuvchi qotishmalarga bo'linadi.

**Duralumin** – bu o'rtacha puxtalikdagi qotishma, D harfi bilan belgilanadi. Tizimi – Al-Cu-Mg. Masalan: D1; D16; D18 qo'shilgan Mg korroziya bardoshligini oshiradi, qayta kristallanish haroratini ko'taradi, mexanik xossalarini yaxshilaydi.

Toblash: qizdirish 415–505°C (D1, D18) yoki 490–500°C (D16) da olib boriladi, so'ng suvda sovutiladi. So'ng tabiiy va sun'iy chiniqtiriladi.

Korroziya bardoshligini oshirish uchun sirtqi yuzasi texnikaviy aluminiy bilan qoplanadi.

**Yuqori puxtalikdagi qotishmalarga** B95, B96 kiradi. Tizimi – Al-Zn-Mg-Cu. Legirlovchi elementlar-Mg, Cr. Korroziya bardoshligini va chiniqish samaradorligini oshiradi. Toblash 460–480°C, sun'iy chiniqtirish ( $t=120-140^{\circ}\text{C}$ )da olib boriladi.

**O'tga bardosh qotishmalarga** AK-4, AK-4-1 kiradi. Bunga legirlovchi elementlar – Fe, Ni, Cu qo'shiladi, ular puxtalovchi fazalar  $\text{CuAl}_2$ ,  $\text{CuMgAl}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{Mn}$ , Cu hosil qiladi.

**Bolg'alash va shtamplash** usuli bilan ishlov beriladigan qotishmalar (AK6, AK8) yaxshi plastiklikka ega. Ular bosim ostida ishlaganda darzlar hosil bo'lmaydi. Bunday qotishmalar Al-Cu-Mg turkumiga kiradi. Shtamplash va bolg'alash 450–475°C da olib boriladi: toblanadi, chiniqtiriladi.

Termik ishlash natijasida puxtalanmaydigan deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalariga Al-Mn Al-Mg kiradi: AMs; AMg2; AMg3 ...5, 6. Bular yuqori plastiklikka, korroziyabardoshlikka ega; yaxshi payvandlanadi.



**Quyma qotishmalar.** Bularga Al-Si; Al-Cu; Al-Mg tizimlari kiradi.

**Siluminlar** (Al-Si) eng yaxshi quymakorlik xossalariga ega qotishma bo'lib, yaxshi kesib ishlanadi va payvandlanadi. Kompresor korpuslari, bloklar, silindr porshenlarini olishda ishlatiladi. АЛ2 (10–13%Si), АЛ (8–10%Si) markalanadi.

**Magnalinlar** (Al-Mg) o'zida evtektika fazasi yo'qligidan quymakorlik xossalari yetarli darajada yuqori emas, har xil qo'shimcha elementlarga sezgir. Markalashi: АЛ8, АЛ2. Bular yuqori korroziyabardosh, puxta, yaxshi kesib ishlanadi, legirlanganda, mexanik xossalari yaxshilanadi.

**Podshipnik uchun ishlatiladigan aluminiy qotishmalari.** O'zlarining ishqalanib yeyilishga qarshiligi bilan qo'rgoshinli bronzadan qolishmaydi. Ammo korroziya bardoshligi va texnologikligi bilan undan yuqori. Markasi ACM. Qotishma ACC – 6–5 tarkibida 5% qo'rg'oshin bor. ACM va ACC – 6–5 podshipnik materiallaridan sirpanish podshipniklari yasaladi (dizel yuritgichlari uchun).

**Kukun metallurgiyasi asosida olingan aluminiy qotishmalari.** Mustahkamligi, xossalarning yuqori temperaturaga barqarorli hamda korroziyabardoshligi jihatdan quyva aluminiy qotishmalaridan ustun turadi. Ular 2 xil bo'ladi:

1. САП – qizdirib presslangan aluminiy kukuni («спечённый алюминиевый порошок»).

2. САСП – qizdirib presslangan aluminiy qotishmasi («спечённый алюминиевый сплав»).

САП – bu aluminiy va aluminiy oksidi aralashmasidan iborat (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ning kukunlarining aralashmasidir. Kukun toza texnikaviy aluminiyni azotli muhitga purkash yo'li bilan olinadi. So'ngra maxsus sharikli tegirmonlarda maydalanadi. Dispergatsiya (maydalash) jarayonida zarrachalarning ustki qismi 0,01–0,1 mkm qalindlikda alumin oksidi bilan qoplanadi. Tayyor kukun tarkibida 6–22% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bo'ladi. Markalanishi: САП–1, САП–2, САП–3, САП–4. Kukun sovuq holda qolipda siqilib, briketlar olinadi. So'ngra T = 260–400 MPa da ishlanadi. Aluminiy bu yerda bog'lovchi vazifasini bajaradi.

САС – bu Fe, Ni, Cr, Mn, Cu bilan legirlangan alumin kukuni bunda oz miqdorda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bo'ladi. САС – 1 da 25–30% Si va 7% Ni bor.

**Aluminiy qotishmalarini klassifikatsiyasi.** Alumin qotishmalarining asosiy legirlovchi elementlari: Cu, Mg, Si, Mn, Zn va kamroq miqdorda: Ni, Li, Ti, Beriliy, Sirkoniy bo'ladi. Bularning ko'pchiligi chegaralangan qattiq eritma hosil qiladi. Alumin qotishmalari quyidagi mezonlar bo'yicha klassifikatsiyalanadi:

- a) ishlab chiqarish texnologiyasi;
- b) termik ishlashga moyilligi;
- d) xossalriga qarab.

Barcha alumin qotishmalarini uchta guruhga bo'lish mumkin:

1. Deformatsiyalanadigan qotishmalar (termik ishlash natijasida puxtalanadigan va puxtalanmaydigan).

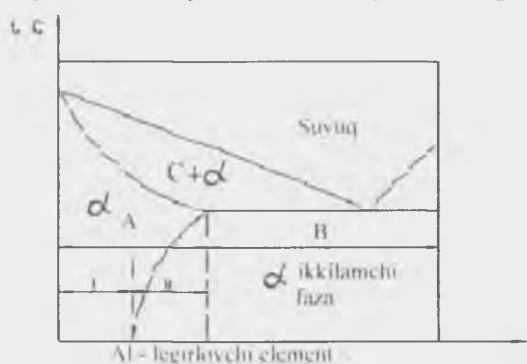
2. Quyma qotishmalar.

3. Kukun metallurgiyasi asosida olinadigan qotishmalar: САП. Deformatsiyalanadigan va quyma alumin qotishmalari orasidagi chegara – bu aluminiy qattiq eritmasini evtektika haroratida to'yinish chegarasidir (8.1-rasm). A – deformatsiyalanadigan qotishma. Bu ham ikki bo'lakdan iborat:

I – puxtalanmaydigan termik ishlanganda;

II – puxtalanadigan termik ishlanganda.

Puxtalanadigan va puxtalanmaydigan qotishmalar chegarasi – bu aluminiy qattiq eritmasini uy haroratida to'yinish chegarasidir.

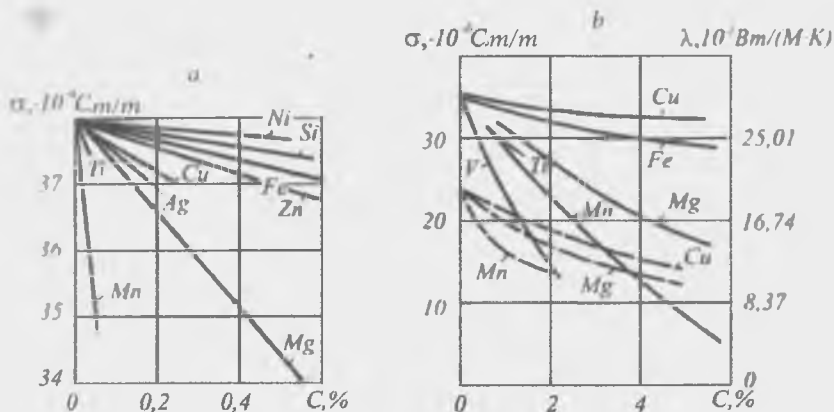


**8.1-rasm. Aluminiy qattiq eritmasini evtektika haroratida to'yinish grafigi: A - deformatsiyalanadigan qotishma; B - quyma qotishma I - puxtalanmaydigan termik ishlash bilan II - puxtalanadigan termik ishlash bilan.**

Aluminiy – oq kumush rangli metall, kristall panjarasi – yoqlari markazlashgan kub. O‘ziga xos xususiyatlari: katta bo‘lmagan zichlik ( $2700 \text{ kg/m}^3$ ), yuqori elektr o‘tkazuvchanlik ( $\sigma=3,4 \cdot 10^7 \text{ Sm/m}$ ) va plastiklik, yaxshi payvandlanadi, bosim ostida yaxshi ishlanadi, lekin yaxshi qirqib ishlanmaydi, quygandan keyin katta miqdorda cho‘kish hosil qiladi. Havoda yengil oksidlanib, zich oksid plyonka – A1203 hosil qiladi, bu plyonka korroziyabardoshlikni ta’minlaydi. Mexanik xususiyatlari nisbatan past bo‘lib, materialning softligiga bog‘liq.

Doimiy uchraydigan begona jinslarning miqdoriga qarab, juda sof aluminiy – A999 (qo‘shilmalari 0,001%), softligi yuqori aluminiy – A995 A99, A97, A95 (0,005...0,500% qo‘shilmalar) va texnik toza aluminiy – A85, A8, A7, A5, A0 (0,15...1,00% qo‘shilmalar) turlari bo‘ladi. Qo‘shilmalar (begona jinslar) aluminiyning elektr va texnologik xususiyatlariga, korroziyabardoshligiga jiddiy ta’sir qiladi (8.1-rasm). Aluminiy tarkibida uchrab turadigan asosiy qo‘shilmalar temir va kremniydir. Temir aluminiyning mustahkamligini birmuncha oshirsa, elektr o‘tkazuvchanligi va plastikligini pasaytiradi. Kremniy boshqa qo‘shilmalar: mis, magniy, rux, marganets, xrom, nikel singari, aluminiyning mustahkamlovchi asosiy qo‘shilmalardan biri hisoblanadi.

Aluminning mustahkamligi nisbatan kichik bo‘lgani uchun yuk tushmaydigan detallarni va konstruksiyalar elementlarini tayyorlash uchun ishlatiladi, issiq o‘tkazuvchanlik, korroziyabardoshlilik, yengillik kabi asosiy ekspluatatsiya xususiyatlari bilan o‘zini ko‘rsatadi. AД va AД-1 texnik alumin listlar, chiviqlar, profillar ko‘rinishidagi yarimmahsulot sifatida ishlab chiqiladi. Yuqori darajada toza alumin zarqog‘oz, tok o‘tkazuvchi va kabel buyumlari ishlab chiqariladi. Juda yuqori toza alumin olish uchun zonali eritish yoki zonali qayta kristallanish usuli qo‘llanadi. Bu usul qattiq va suyuq fazalardagi qo‘shilmalarning turli eruvchanligiga asoslanadi. *Zonali eritish usuli* tozalanadigan metallardan tayyorlangan uzun sterjenda tor erigan zona hosil qilib, uni sterjen uzunligi bo‘ylab surib borishga asoslangan. Bu usul bilan begona jinslar miqdori 0,0001% gacha bo‘lgan toza alumin olish mumkin.



**8.2-rasm. Aluminning elektr- va issiq o'tkazuvchanligiga begona jinslarning (a) va qo'shilmalarning (b) ta'siri; (siding'a chiziqlar – elektr o'tkazuvchanlik  $\sigma$ , punktir chiziqlar – issiq o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.**

Alumin qotishmalari mashinasozlikda keng qo'llanadi. Aluminni legirlash uchun, asosan, mis, magniy, kremniy, marganets, nikel, titan, berilliy, qalay qo'llanadi. Legirlovchi elementlarning aksari alumin bilan qattiq eritmalar va intermetall fazalar hosil qiladi:  $\text{CuAl}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{CuMg}$ ,  $\text{Al}_3\text{Mg}$  va b.

Alumin qotishmalari tayyorlash texnologiyasi, termik ishlovdan keyin mustahkamlanish darajasi va ekspluatatsiya xususiyatlari bilan tafsiflanadi.

Alumin qotishmalarini mustahkamlash uchun 415...505 °C (Д1, Д18) yoki 490...500 °C (Д16) haroratlarda toblab, sovuq suvda sovitiladi. Shundan so'ng, eskirtiriladi, natijada, korroziya bardoshliligi oshadi. Tabiiy (bir necha sutka davomida) yoki sun'iy (10...24 soat) eskirtirish natijasida o'ta to'yingan Al-Cu va Al-Cu-Mg qattiq eritmalar parchalanishi natijasida qotishmaning mustahkamligi ortadi. Korroziyaga bardoshliligini oshirish uchun alumin qotishmalardan tayyorlangan buyumlar sirti plakirlanadi, ya'ni texnik aluminiy bilan qoplanadi yoki anodli qutblanish ishlovi berib qoplanadi.

Duraluminlar aviatsiyada keng qoʻllanadi. D1 qotishmasidan parraklar, D16 dan – fyuzelyajlarning elementlari, D18 dan – parchin-mixlash elementlari tayyorlanadi.

*Mustahkamligi yuqori alumin qotishmalarga* Al-Zn-Mg-Cu sistemasidagi B95, B96, B96S markalar kiradi. Legirlovchi element sifatida marganets va xrom ishlatiladi; ular qotishmaning korroziya bardoshligini va eskirish samarasini oshiradi. Bunday qotishmalarining mustahkamlik xususiyatini kerakli darajaga yetkazish uchun ( $\sigma=600\dots700$  MPa) 460...480 °C da toblab, keyin, 120...140 °C da sunʼiy eskirtiriladi. Bu qotishmalarning mustahkamlik koʻrsatkichlari duraluminnikidan yuqori, biroq plastiklik jihati kamroq, kuchlanishni toʻplovchi shakllarga va kuchlanish ostida korroziya muhiti taʼsiriga sezgir. Buyumning korroziyabardoshligini oshirish uchun, sirti Al+1%Zn qotishmasi bilan plakirlanadi. Bu qotishmadan, aviasozlikda, 120°C gacha haroratlarda ishlatiladigan, yuklama ostida boʻladigan konstruksiyalar tayyorlanadi.

300 °C gacha haroratlarda ishlatiladigan buyumlar katta haroratlarga mustahkam AK-4, AK-4-1 qotishmalaridan tayyorlanadi. Ularning kimyoviy tarkibi murakkab, temir, nikel, mis va  $\text{CuAl}_2$ ,  $\text{CuMgAl}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{Mn}_2\text{Cu}$  va b. fazalarni mustahkamlovchi elementlar bilan legirlanadi. Diffuziya jarayonlarini sekinlatuvchi mis, marganets, titan bilan legirlash qotishmaga katta haroratlarda ham mustahkamligini yoʻqotmaydigan xususiyat beradi. Bunday qotishmalardan dvigatel-larning porshenlari, porshen kallaklari, kompressorlarning parraklari tayyorlanadi va toblab, sunʼiy eskirtiriladi.

## 8.2. Mis va uning qotishmalari

Mis – pushti-qizil rangli metall boʻlib, zichligi 8,95 g/sm<sup>3</sup>, erish harorati – 1083°C. Mis olinadigan muhim tabiiy manba – oltin-gugurtli rudalar: mis kolchedan (xalkopirit), boʻrnit, xalkozin va oksidlangan mis rudalaridir. Misning xususiyatlari koʻp jihatdan undagi begona jinslar miqdoriga va ularning misda eruvchanligiga bogʻliq. Bunday jinslar mis va uning qotishmalariga turlicha taʼsir qiladi: mustahkamligini yo oshiradi, yo pasaytiradi, qirqib shakl-

lanishini yaxshilaydi, issiq va elektr o'tkazuvchanligini, korroziya-  
bardoshlilikini kamaytiradi.

Misning mashinasozlik materiali sifatidagi asosiy afzalligi issiq va elektr o'tkazuvchanlik, plastiklik, korroziyabardoshlik ko'rsatkichlarining balandligidir. Misga xos bo'lgan kamchiliklar: quyilish xususiyatining yomonligi, qirqib ishlash noqulayligi, nisbatan kam mustahkamlik bo'lib, ularni yo'qotish uchun mis turli elementlar bilan legirlanadi.

Misning rux, qalay, qo'rg'oshin va boshqa elementlar bilan qotishmalari – jez (latun)lar va bronzalar ham mashinasozlikda ko'p qo'llanadi. Bronzaning maxsus turlari – melxior, neyzilber, kuppal, kopellar ma'lum. Jezlar va bronzalar mashinasozlikda korroziyabardosh va antifriksion detallar tayyorlash uchun ishlatiladi.

Begona jinslar misning fizik-mexanik tavsiflariga jiddiy ta'sir o'tkazadi. Shunga qarab, begona jinslarni quyidagi guruhlarga ajratish mumkin: qizigan va sovuq holida bosim bilan ishlov berganda mustahkamligini pasaytiradigan ( $O_2$ , Pb, S, Se, Fe, Sb, Bi); qirqib ishlanuvchanligini yaxshilaydigan (Se, Pb, Te, Si); issiq va elektr o'tkazuvchanligini pasaytiradigan (Pb, As, Sb, Fe, Al, P); korroziyabardoshlilikni pasaytiradigan ( $O_2$ , Fe); korroziyabardoshlilikni oshiradigan (Be, Al); mustahkamligini oshiradigan (Fe, P).

Misning xususiyatlari ko'p jihatdan begona jinslarning mis matritsasida eruvchanligi bilan aniqlanadi. Shunga qarab, misda eriydigan (Ni, Zn, Sb, Al,  $H_2$ , As, Sn, S) va amalda erimaydigan yoki chekli eriydigan ( $O_2$ , Fe, Bi, Pb, Se, Te, P) qo'shilmalar (begona jinslar) bo'ladi.

MDH mamlakatlari sanoatida misning quyidagi markalari ishlab chiqariladi: katodli – MB4κ, MOOκ, MOκ, M1κ; kislorodsiz – MOO6, MO6, M16; katodli, qayta eritilgan – M16; nordonlashtirilgan – M1p, M2p, M3p, M3.

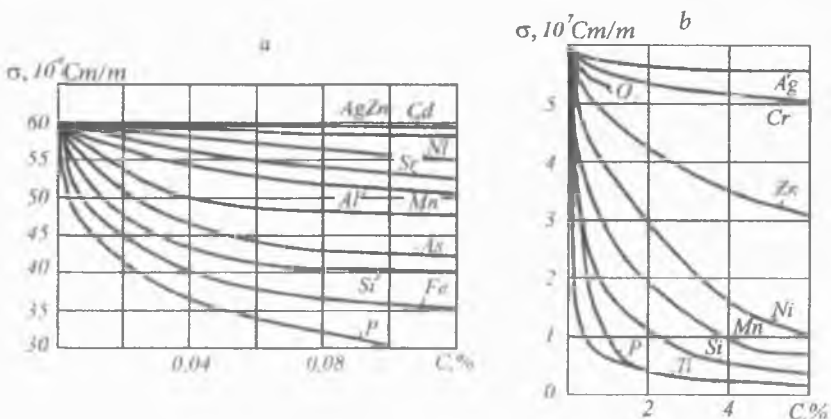
Begona jinslarning miqdoriga qarab, misning markalari quyidagicha belgilanadi: MOO (99,99% Cu), MO (99,95% Cu), M1 (99,9% Cu), M2 (99,7% Cu), M3 (99,50%).

Misning, mashinasozlik materiali sifatidagi asosiy afzalliklari – katta qiymatli issiq va elektr o'tkazuvchanligi, plastikligi, korro-

ziyabardoshlilik va ular bilan birga kelgan yuqori mexanik xususiyatlaridir. Misning kamchiliklari quyilish xususiyati va qirqib ishlanuvchanligining yomonligidir.

Mis elektr va issiq o'tkazuvchanlikni o'lchash uchun etalon qilib olingan, uning bu ko'rsatkichlari 100% deb qabul qilinadi, boshqa materiallarning ko'rsatkichlari misga nisbatan o'lchanadi. Alumiiniy va temirning shu ko'rsatkichlari, tegishli tarzda 60% va 17%.

Quyilgan holatdagi misning tavsiflari:  $\sigma_b=160$  MPa;  $\sigma_{0.2}=35$  MPa;  $\delta=25\%$ . Qizigan holda deformatsiyalangan misda bu ko'rsatkichlar: 250 MPa; 95 MPa; 50%. Misning mexanik, texnologik, antifriksion va boshqa xususiyatlari qiymatlari qanday zarurligiga qarab, unga leirlovchi elementlar qo'shiladi.



8.3-rasm. Begona jinslar (a) va qo'shilmalar (b)ning elektr o'tkazuvchanlikka (mis) ta'siri.

Hozirgi vaqtlarda misning rux, qalay, aluminiy, kremniy, berilliy, marganets, nikel bilan qotishmalari ko'p qo'llanadi. Mis qotishmalarida qo'shilma sifatida ishlatiladigan elementlar qotishma markasida indekslar yordamida ifodalanadi: Al-A; Ba-Bp; W-Bam, BHM, Bэл; Bi-Bи; V-B; Cd-Гм; Ga-Гл; Ge-Г; Fe-Ж; Au-Зл; Co-K(Ко); Si-Kp(K); Mg-Mг; Mn-Ms; Cu-M; As-Mш; Ni-H; Sn-O; Pb-C; Se-Ст; Ag-Cp; Sb-Cy; Ti-Tи; P-Ф; Zn-C.

Mis qotishmalari, kimyoviy tarkibiga ko‘ra, jez(latun)lar, bronzalar, mis-nikel qotishmalariga: texnologik vazifalariga ko‘ra – deformatsiyalanadigan va quyiladigan; termik ishlovdan keyin mustahkamligining o‘zgarishiga qarab – mustahkamlanadigan va mustahkamlanmaydigan turlarga ajratiladi.

Asosiy legirlovchi elementi rux bo‘lgan mis qotishmalari *jez(latun)lar* deyiladi. Legirlovchi elementlarning miqdoriga qarab, ikki elementli (oddiy) va ko‘p komponentli (legirlangan ) jezlar bo‘ladi. Birinchisi *Л* harfi va raqamlar bilan markalanadi. Bu raqamlar qotishmadagi mis miqdorining o‘rtacha qiymatini ko‘rsatadi. Masalan, *Л90* markali latunda mis miqdori 90%, qolgani – rux.

Ko‘p komponentli jezlarining markasidagi harflar va raqamlar legirlovchi elementlar va ularning miqdorini (foizlarda) bildiradi. Masalan, alumin-nikel-kremniy-marganetsli latun (jez): *ЛАНКМс 75–2–2,5–0,5–0,5*da 75% mis, 2% aluminiy, 2,5% nikel, 0,5% kremniy, 0,5% marganets bor, qolgani ruxdan iborat.

*Bronzalar* – asosiy komponentlari qalay, alumin, berilliy, kremniy, qo‘rg‘oshin va boshqa elementlardan iborat mis qotishmalaridir. Rux legirlovchi element (qo‘shilma) sifatida ishtirok etishi mumkin. Bronzalar “*Бр*” harflari va raqamlar bilan markalanadi, jezlar markasidagi kabi ma’noga ega. Masalan, *БрОФ 6,5–0,15*-markasida 6,5% qalay, 0,15% fosfor bor, qolgani – mis.

Misning nikel va boshqa legirlovchi elementlar bilan qotishmasi – maxsus turdagi bronza bo‘lib, ular *melxior*, *neyzilber*, *kunial*, *kopel* va b. nomlar bilan ataladi. Ularni markalash prinsipi jezlar va oddiy bronzalarniki kabi. Masalan, “*МНХМс 30–1–1*” markali melxiorda 29...33% nikel va kobalt, 0,5...1,0% marganets, 0,5...1,0% temir bor, qolgani – mis. “*МНСС 16–29–1,8*” markali neyzilberda 15...16,7% nikel va kobalt, 1,6...2% qo‘rg‘oshin, 51...55% mis bor, qolgani rux.

Suyuqlanish harorati – 1083°C, zichligi – solishtirma og‘irligi  $g = 8,93 \text{ kg/sm}^3$  ga teng. Kristall panjarasi yoqlari markazlashgan kub. Mustahkamligi  $\sigma_v = 240 \text{ MPa}$  ( $24 \text{ kg/mm}^2$ ), nisbiy uzayishi  $\delta = 50\%$ , qattiqligi  $HV = 35$ .

Yuqori issiqlik va elektr o‘tkazuvchanlik, plastiklik, korroziyabardoshlik qobiliyatlariga ega.



Kamchiliklari – past quymakorlik xususiyatlari, kesib yomon ishlanishi, nisbatan puxtamasliliklarni har xil elementlar bilan legirlash orqali yo`qotish mumkin.

Misning fizik-mexanik xossalariga qo`shimchalar yetarli ta`sir qiladi. Shu nuqtayi nazardan qo`shimchalar quyidagi guruhlariga bo`linadi:

1. Bosim bilan ishlashda (sovuq va issiq holda) puxtalikni pasaytiruvchilar elementlar:  $O_2$ , Pb, S, Se, Fe, Sb, Bi.
2. Qirqib ishlashni osonlashtiruvchilar: Se, Pe, Te, Si.
3. Issiq va elektr o`tkazuvchanlikni pasaytiruvchi elementlar: Pb, As, Sb, Fe, Al, P.
4. Korroziyabardoshlikni kamaytiruvchilar:  $O_2$ , Fe.
5. Korroziyabardoshlikni oshiruvchi elementlar: Be, Al.
6. Mis puxtaligini oshiruvchi elementlar: Fe, P.

Quyidagi markali mis chiqariladi: katodli –  $MV_4$ ;  $MOO_k$ ;  $MO_{ku}$ ;  $MO_i$ ;  $M1_i$ ; kislordsiz –  $MOO_u$ ;  $MO_u$ ;  $M1_u$ ; katodli qayta eritilgan –  $M1_v$ ; qaytarilgan-  $M1_r$ ;  $M2_r$ ;  $M3_r$ ;  $M3$ .

Qo`shimchalarning miqdoriga qarab: MOO (99,99% Cu), MO (99,95% Cu), M1 (99,9% Cu); M2 (99,7% Cu); M3 (99,5% Cu).

Mis qotishmalari kimyoviy tarkibiga qarab: **latunlar, bronzalar, mis-nikel qotishmalariga** bo`linadi. Texnologik vazifasiga qarab deformatsiyalanadigan va quyma bo`ladi. Mexanik ishlashdan so`ng puxtalanishiga qarab: puxtalanadiganlar, termik ishlash bilan puxtalanmaydigan bo`ladi.

**Latunlar.** Mis qotishmasida rux asosiy legirlovchi komponent – tashkil etuvchi bo`lsa, qotishma latun deb nomlanadi. Ular ikki komponentli va ko`p komponentli bo`ladi. Ikki komponentlilari J190 kabi markalanadi: bunda 90% mis, qolgani rux hisoblanadi.

Ko`p komponentlisi: J1AHKMc 75–2–2,5–0,5–0,5 bu 75% Cu; 2% – Al; 2,5% – Ni; 0,5% – Si; 0,5% marganes; qolgani rux degani.

Amaliyotda tarkibida 45% gacha rux bo`lgan latunlar ishlatiladi.

Mexanik va texnologik xossalarini yaxshilash uchun Fe qo`shiladi. Qo`rgoshin plastiklikni yomonlashtiradi, fosfor qattqlikni oshirib, plastiklikni ancha pasaytiradi. Al; Si; Mn xossalariga ta`sir qilmaydi. Korroziyabardoshlikni oshirish uchun Al; Si; Mn; Ni qo`shiladi.

Qalay qo'shilsa mexanik ishlash osonlashadi va ishqalanib yeyilishga qarshiligi ortadi.

**Bronzalar.** Mis qotishmasida asosiy komponentlar Sn, Al, Be, Si, Pb bo'lsa, qotishma bronza deyiladi. Misning nikel va boshqa legirovchi elementlar bilan qotishmalari bronzaning alohida turlari bo'lib, ularni melxior, neyzilber, kunial, kopelyam deb nomlashadi.

Bronzalar 2 turga bo'linadi: a) qalayli; b) maxsus qalaysiz.

Qalayli bronzalar yuqori antifriksion-ishqalanib yeyilishga bardosh xususiyatiga ega, qizib ketishga befarq, sovuqqa chidamli, magnit emas. Kamchiligi quymada g'ovaklar hosil bo'lishiga moyilligi. Fosfor bilan legirlansa, mexanik, texnologik va antifriksion xossalari ortadi. Qo'rg'oshin qo'shilsa zichligi oshadi, antifriksionligi ortadi, qirqib ishlash osonlashadi, lekin mexanik xossalari yomonlashadi. Rux texnologik xossalarni, temir(0,09%) esa mexanik xossalarni yaxshilaydi. Legirlash darajasi me'yoridan oshirib yuborilsa, korroziyabardoshligi va texnologik xossalari keskin pasayadi.

Mis va qo'rg'oshin, qattiq holida, bir-birida mutlaqo erimaydi. Shuning uchun qo'rg'oshinli bronzalar qotganidan keyin alohida mis kristallari va alohida qo'rg'oshin aralashmasidan iborat bo'ladi. Bunday struktura qotishmani ishqalanishga chidamli va is-siq o'tkazuvchan bo'ladi. Shuning uchun ham qo'rg'oshinli bronzalar katta tezlik bilan ishlaydigan ishqalanish juftlari uchun ishlatiladi. Ularning mexanik xususiyatlari va korroziyaga chidamliligini oshirish uchun nikel va qalay bilan legirlanadi.

Mis qotishmalari ichida berilliyli bronzalar yuqori mustahkamligi, yeyilishga bardoshlilik va korroziyalovchi muhitga chidamliligini bilan ajralib turadi. Cu-Be qotishmalarida, berilliyning  $\alpha$ -eritmasi – misda,  $\gamma$ -fazasi – ularning elektron birikmasida mavjud. Harorat pasay-ganda  $\alpha$ -fazaning miqdori kamayadi. Bu, berilliyli bronzani toblab, sun'iy eskirtirganda termik mustahkamlanish effekti sodir bo'lishiga olib keladi. Berilliyli bronzadan tayyorlangan buyumlar 500 °C gacha haroratda ishlay oladi, qirqib ishlanishi va payvandlanishi – yaxshi, katta tezliklar va yuklamalarga ham chidaydi.

Bronzalarni arzonlashtirish uchun marganets, titan, nikel, kobalt bilan legirlanadi, ularning tarkibi, mexanik xususiyatlari va qoʻllanish sohalari berilgan.

Mis asosida shunday qotishmalar ishlab chiqilganki, ularning ekspluatatsiya tavsiflarini, mexanik legirlash yoʻli bilan kerakli holatga keltirish mumkin. Bunda kukun komponentlar maxsus qurilma – “attritor” yordamida aralashtiriladi. Oksidlar, nitridlar va boshqa birikmalarning nanodispers zarralari koʻrinishidagi mustahkamlovchi faza mis bilan legirlovchi qoʻshilmalar oʻrtasidagi mexanokimyoviy reaksiyalar natijasida hosil boʻladi.

### 8.3. Titan va uning qotishmalari

Sanoat va texnikaning rivojlanishi jarayonida **erish harorati yuqori boʻlgan materiallarga** boʻlgan talabni oshirdi, qiyin eriydigan metallarning erish temperaturasi 1539°C (toza temir erish) dan yuqori boʻladi va bularga quyidagilar kiradi: **titan, sirkoniy, gafniy, vanadiy, niobiy, tantal, xrom, molibden, reniy, osmiy, radiy**. Platina guruhidagi metallar ham qiyin eriydigan metallarga kiradi, lekin ularni qabul qilingan qoidaga qarab nodir metallar guruhiga qoʻshiladi.

Gafniy, radiy, osmiy, reniyler kam uchraydigan elementlarga kiradi. Amalda koʻp ishlatiladigani – volfram, molibden, tantal, titan, sirkoniy hisoblanadi.

Erish haroratlari: W=3400 °C; Re=3180 °C; Ta=2996 °C; Mo=2625 °C; Nb=2500 °C; Hb=2222 °C; Cr=1910 °C; V= 1900 °C; Zr=2860 °C; Ti=1725 °C.

Qiyin eriydigan metallarning mexanik, elektrik, fizik xossalari ning bir-biriga mosligi (“optimal”) ularni koʻp sohalarda ishlatilishiga sababdir.

Qiyin eriydigan metallarning mexanik xossalari ularning qoʻshimchalardan (N<sub>2</sub>; O<sub>2</sub>; S) tozaligiga, termik va mexanik ishloviga bogʻliq. N<sub>2</sub>; C; O<sub>2</sub>; H<sub>2</sub> lar volfram, tantal, molibden, niobiylarni moʻrtlashtiradi. Dastlab plastik deformatsiyalab, soʻng boʻshatilsa mustahkamlik ortadi.

Qiyin eriydigan metallar (QEM)ning eng kerakli ekspluatatsion xossalriga ularning ishlash harorati, termoemissiya tokining zichligi, nisbiy elektroqarshiligi kiradi. Shuning uchun ular radio va elektron apparaturalarida ko'p ishlatiladi.

W-Mo; W-Cu; W-Ag larning elektroerroziya yeyilishiga qarshiligi katta, shuning uchun ular yuqori yuklangan kontaktlarda ishlatiladi.

W ning erish harorati ancha yuqori – 3410°C. U qattiq qotishmalarni ishlab chiqarishda va po'latlarni legirlashda ishlatiladi.

Nb – atom texnikasida, elektrotexnikada, radioelektronikada, asbobsozlik va o'tga chidamli po'latlarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Ta – tashqi muhit ta'siriga chidamliligi nodir metallardan qolishmaydi. Shuning uchun u korroziyaga va yeyilishga chidamli qotishmalar olishda ishlatiladi.

Re – mexanik xossalari yuqori, elastik deformatsiyasi yuqori, korroziya bardosh. Reniying molibden va nikel bilan qotishmasi yuqori haroratda ham yuqori puxtalikka ega.

Zr – QEMlar ichida eng ko'p qo'llaniladi. Sababi, tabiatda yetarli tarqalganligi, korroziyabardoshligi, texnologikligi. Uni tozalab “naklep” – qilinsa, uning mexanik xossalari ortadi. KEM asosan kukun metallurgiyasi usuli bilan qayta ishlanadi.

Ti – 1725°C da eriydi, 3000 °C da qaynaydi. Solishtirma og'irligi  $g\ 4,54\text{kg}/\text{sm}^3$ . Ikki xil allotropik shaklga ega: 882°C dan yuqorida b-titan, pastda a-titan holida. a-titanning kristallik panjarasi geksagonal, atomlari zich joylashgan. b-titanning kristallik panjarasi hajmi markazlashgan kub.

Titan 1791-yilda kashf etilgan bo'lib, yer po'stlog'idagi zaxiri bo'yicha 4-o'rinda (Al, Fe, Mg dan keyin) turadi.

Titan yaxshi kesiladi, bolg'alanadi va prokatlanadi. Titanni prokatlab, tunika, lenta va hatto zarli (“folga”) titan qog'ozi hosil qilish mumkin.

Titanning korroziyabardoshligi zanglamas po'latlardan ham yuqori. Titan atmosferada, chuchuk suvda, dengiz suvida, organik kislotalarda, ba'zi anorganik kislotalarda, o'yuvchi ishqorlarda korroziyalanmaydi. Titan havoda 400–600°C qizdirilganda uning sirti yupqa oksid plyonkasi bilan (parda bilan) qoplanadi, bu parda o'zi ostidagi qismini

korroziyalanishdan saqlaydi. Yana qizdirilsa, kislorod eriy boshlaydi. Natijada titanning plastikligi pasayib ketadi. Titan xlorid, sulfat va fluorid kislotalar ta'siridagina korroziyalanadi.

Titan yuqoridagi xossalriga asosan hozirgi kunda energetika sohasida kondensatorlar, turbinalar, issiqlik almashinish apparatlarida keng qo'llanib kelmoqda.

Titan alumiynidan ozroq og'ir (zichlik – Al uchun  $g=2,7 \text{ g/sm}^3$ ; Ti uchun  $g=4,51 \text{ g/sm}^3$ ; Fe uchun  $g=7,68 \text{ g/sm}^3$ ). Lekin puxtaligi alumiyni puxtaligiga qaraganda 3 barobar ortiq.

Titanning kamchiliklari ham bor: elastiklik moduli po'latnikidan ikki barobar kichik. Bu bikir va ustuvor konstruksiyalar yaratishni qiyinlashtiradi. Yuqori haroratdagina emas, balki normal haroratda ham yeyiluvchanlik xossasini namoyon qiladi.

Quyidagi 8.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, titan tarkibidagi qo'shimchalar miqdorining ortib borishi bilan, uning qattiqligi, mustahkamligi ortib plastikligi kamayib boradi.

### Titanning xossalari

8.1-jadval

Titan markasi	G'ovak titandagi qo'shimchalar miqdori, % hisobida							Mexanik xossalari				
	Fe	Si	C	Cl <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	$S_{v, \frac{kg}{2}}$	d, %	y, %	$A_n, \frac{kGm}{2}$	HV
BT00	0,15	0,05	0,05	0,06	0,1	0,03	----	38	36	64	--	115
BT0	0,15	0,05	0,05	0,06	0,1	0,03	0,01	46	28	50	10	145
BT1	0,01	0,1	0,06	0,08	0,2	0,05	0,03	53	24	42	5	165
BT2	0,3	0,1	0,06	0,1	0,2	0,06	0,02	60	20	35	5	185

BT1, BT2-markali texnikaviy titandan xivich (prutok), tunuka, lenta, pokovka kabi yarim tayyor mahsulotlar tayyorlanadi.

Mexanik xossalari yuqori emasligi sababli texnikaviy titan konstruksion material sifatida juda kam ishlatiladi.

Titan qotishmalari quyidagicha klassifikatsiya qilinadi:

1. Qayta ishlash texnologiyasiga qarab: quyma, deformatsiyalanadigan.

2. Mexanik xossalriga qarab: me'yoriy puxtalikdagi, o'tga bardosh, yuqori puxtalikdagi, plastikligi oshirilgan.

3. Termik ishlanishiga qarab: puxtalanadigan va puxtalanmaydigan.

4. Strukturasiga qarab: a-: a+b, va b-qotishmalar.

O rta puxtalikdagi titan qotishmalari: BT5, OT4. Asosida Al (3–5%), Mn(1,5%).

Yuqori puxtalikdagi titan qotishmalari: BT14, BT15, BT16. Asosida Al(2,5–4%), Mo (3–7,5%).

O'tga bardosh titan qotishmalari: BT3–1, BT8, BT9. Asosida Al(5,5–8%), Mo (1,5–3,5%).

Yuqori haroratda – 300–600 °C titan qotishmalari mustahkamligi Al, Mg qotishmalarinikidan bir necha barobar yuqori.

### Nazorat savollari:

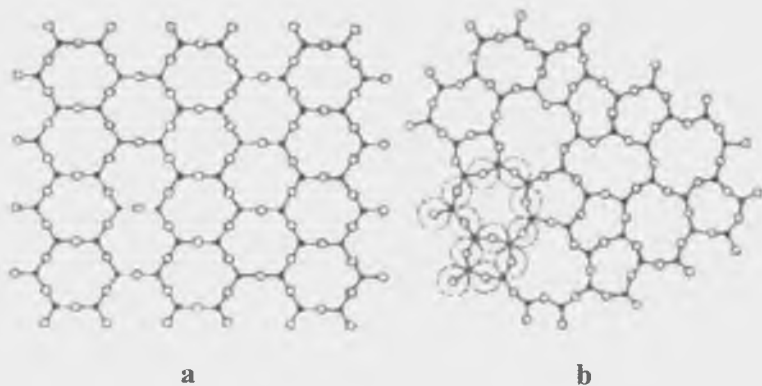
1. Qanday metallar massasi yengil hisoblanadi?
2. AK-4; AK-4–1 qotishmalarga ta'rif bering?
3. SAP – nima? Qanday olinadi?
4. Misning asosiy qanday qotishmalarini bilasiz?
5. Titan xossalriga qo'shimchalarning tarkibini ta'siri qanday?
6. Titanni bosim ostida ishlash mumkinmi?
7. Titanni zanglamaslik xususiyatini tushuntiring?

## 9-BOB. NOMETALL MATERIALLAR VA ULARNING QO‘LLANILISHI

### 9.1. Shishalar

**Shisha tuzilishi.** Shisha tuzilishi deganda, undangi atom hamda ionlarning o‘zaro joylashish geometriyasi va uni zarrachalari orasidagi o‘zaro kimyoviy bog‘lanish xarakteri ko‘zda tutiladi. Ma’lumki, shisha strukturasi suyuqlik strukturasi to‘g‘ri keladi.

Qattiq jismlarda barcha atomlar kristallik panjaraga joylashgan bo‘ladi. Shishasimon holatda atomlarning bunday joylashish tartibi yo‘q, ammo shishani suyuq deb ham bo‘lmaydi. Shishada atomlar o‘rta tartibda joylashgan. Uning masofasi atomlararo masofasidan ozgina kattaroq. Kremniy ikki oksidi tuzilishi 9.1-rasmda ko‘rsatilgan.



9.1-rasm.  $\text{SiO}_2$  ning tuzilishi a- kvartslı kristall ko‘rinishida, b- kvartslı shisha ko‘rinishida.

**Shisha xossalari.** Shishaning har xil turlari jamiyatning barcha sohalarida keng ishlatiladi: qurilishda, tasviriy san’atda, optikada, tibbiyotda, o‘lchash asboblari, energetika sohalarida, aviatsiyasozlikda, harbiy texnikada va h.k.

Shishalar agressiv muhitga chidamli bo'ganligi sababli, maxsus maqsadlar uchun kimyoviy turg'un shisha ishlab chiqariladi. Ba'zi texnik shishalarni kimyoviy tarkibi 9.1-jadvalda keltirilgan.

### Ba'zi texnik shishalarni kimyoviy tarkibi

9.1-jadval

Shisha	SiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PbO	ZnO	BaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Davran tishi	71,0	—	1,5	8,5	3,0	—	—	—	1,58	—
Optik	47,65	—	—	—	—	45,7	—	—	—	6,4
Laboratoriya uchun	68,57	2,49	3,46	8,36	0,81	—	—	—	9,66	6,1
Payvand tiziligi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Olovbardosh	80,5	10,5	3,5	2,0	—	—	—	—	4,5	—
Qiyin eriydigan	86,0	10,0	—	—	—	—	—	—	4,0	—
Sov o'lgan shisha	72,3	9,21	3,82	1,55	—	—	—	—	8,63	0,6
Yuqori gilli	57,4	3,2	23,6	4,7	8,7	—	—	—	1,9	0,5
Ta'minot tili	67,5	2,0	2,52	7,0	—	—	7,0	—	14,0	—
Vollkamsli	78,5	14,0	—	—	—	—	—	—	5,5	1,5
Ishqurtlar	63,3	15,0	3,5	—	—	—	4,2	12,0	—	—
Shisha tola	53,0	12,0	12,0	17,0	4,0	—	—	—	2,0	—
Kvartsi	99,95	—	0,01	0,03	0,01	—	—	—	0,04	—

Zichlik – bu shishaning kimyoviy tarkibiga bog'liq. Eng kam zichlik silikatli shishada  $\gamma = \frac{220kg}{m^3}$  bo'ladi. Oddiy natriy-kalsiy-silikatli shisha zichligi  $\gamma = 2600kg/m^3$  ga teng. Harorat ko'tarilishi bilan (1300°C gacha) shisha zichligi 6–12%ga kamayadi.

**Mustahkamlik.** Oddiy shishalarda siqilishga mustahkamlik  $\sigma_{kis} = 500 - 200MPa$  bo'ladi. Toblash bilan mustahkamlikni 3–4-marta ko'tarish mumkin.

Silikat shisha olishni negizli- bazaviy usuli bu kvartsi qum (SiO<sub>2</sub>), soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) va ohak (CaO) aralashmasini eritish, natijasida Na<sub>2</sub>O · CaO · 6 SiO<sub>2</sub> tarkibli kimyoviy kompleks hosil bo'ladi. Shishaning asosiy uch turi farqlanadi: kalsiy-natriyli, kaliy-kalsiyli, kaliy-qorg'oshinli. Bulardan tashqari g'ovakli, borosilikatli, tiniq, optik, rangli, badiiy va h.k. turlari ham bor.

**Kalsiyli-natriyli** (sodali-ohakli) shisha (1Na<sub>2</sub>O · 1CaO · 6 SiO<sub>2</sub>) onson eriydi, yumshoq va shuning uchun unga ishlov berish oson.

**Kvartsi shisha** yuqori tozalikdagi kremnezyomli xomashyoni eritib olinadi, kimyoviy formulasi SiO<sub>2</sub>. Kvartsi shisha tabiiy holda



ham uchraydi. Bu qum kon –uyumlariga yashin tushushi natijasida hosil bo‘ladi. Kvartsl shishani harorat ta’sirida kengayish koeffitsiyenti juda ham kichik. Shuning uchun aniq mexanikaning detallari yasaladi, masalan, mayatnikli soatlar detallari.

**Optik shisha** linzalar, prizmalar yasashda ishlatiladi. Ximiya-laboratoriya shishasi – bu shunday shishaki, yuqori ximik va termik turg‘unlikka ega. Bunday shishalarning asosiy tashkil etuvchisi kremniy ikki oksidi ( $\text{Si O}_2$ ), bo‘lib 70–75% ni tashkil etadi. Shishaning ikkinchi tashkil etuvchisi kalsiy oksid ( $\text{CaO}$ ), u shishani termik turg‘un va uni yanada yaltiroq qiladi.

Navbatdagi tashkil etuvchi bu ishqoriy metallarning oksidlaridir:  $\text{Na}_2\text{O}$  yoki  $\text{K}_2\text{O}$ , ular 16–17% tashkil qiladi. Optik shishalarga alohida texnik talablar qo‘yiladi, ular birinchi navbatda bir xil va tiniq bo‘lishi kerak.

**Kaliy-kalsiyli** (kaliy ohakli yoki potashli) shisha ( $1\text{Ka}_2\text{O} : 1\text{CaO} : 6\text{Si O}_2$ ) ancha qiyin eriydigan, qattiq, plastikligi kam, kuchli yaltiroqlikka ega bo‘ladi.

**Kaliyli-qo‘rg‘oshinli** ( $1\text{Ka}_2\text{O} : 1\text{PbO} : 6\text{Si O}_2$ ). Nisbatan yumshoq va eruvchan, lekin og‘ir, qattiq yaltiroqligi va yuqori nur sindirish koeffitsiyenti bilan ajralib turadi.

**Rangli shisha** qotgandan so‘ng sariq-yashil yoki havorang –yashil tusda bo‘ladi. Rangini o‘zgartirish mumkin: shix tarkibiga u yoki bu materiallar oksidi qo‘shilsa (qaynatish davrida) shisha rangi o‘zgaradi. Temir oksidi qo‘shilsa shisha rangi havorang-yashildan va sariqdan qizilgacha o‘zgaradi. Marganets oksidi qo‘shilsa sariq va jiggar rangdan siyohranggacha, xrom oksidi qo‘shilsa, o‘t-yashil, uran oksidi -sariq-yashil, kobolt oksidi – havorang, nikel oksidi-siyoh rangdan kulrang- jigarranggacha, surma oksidi yoki qizil rang tus beradi.

**Badiiy shisha** vaqti kelganda narxi bilan oltindan qolishmaydi. Quyidagi 9.2-rasmda badiiy shishadan olinadigan buyumlar va olish jarayoni ko‘rsatilgan.

Shisha puflagichni asosiy asbobi uning trubkasidir. U metallardan yasalgan bo‘lib  $1 \div 1,5\text{m}$  uzunlikka ega va uchdan bir qismi yog‘och bilan qoplangan, uchida latundan yasalgan punshtuk bor. Trubka yor-

damida eritilgan shishani pechdan olib shar formaga puflanadi. Bunda dastlab ishlangan shisha yoʻgʻoch yoki poʻlatdan yasalgan formaga qoʻyib, forma oxiriga toʻlguncha unga puflanadi. Tayyor mahsulot trubkadan kesib olinib, pechda pishiriladi. Pishirish  $500^{\circ}\text{C}$  da bir necha soat davomida olib boriladi, bundan maqsad ichki kuchlanishlarni olish. Aks holda tegib ketilsa ham yengishi mumkin.



a)

b)

**9.2-rasm. Badiiy shishadan yasalgan mahsulotlar – a; shisha puflovchi ish ustida-b.**

**Tripleks** (lotincha “triplex” – uchlangan – uchtali soʻzidan olingan) – bu koʻp qatlamli shisha, ikki yoki koʻproq organik yoki silikat shishalar oʻzaro maxsus polimer plyonka bilan yoki fotoqotadigan kompozitsiya bilan yelimlangan va urganda sochilib ketmasdan parchalarini “oskopka”larni ushlab turishga qodir. Odatda qizdirishda presslab olinadi. Tripleks shishalari transport oynalarida ishlatiladi, avtomobillarda, temir yoʻlda, samolyotlarda, kemalarda, yana imoratlar deraza va fasadlarida, bronlashda, darz ketadi.



**9.3-rasm. Tripleks shishasidan yasalgan avtomobil oynasiga tosh urulishida hosil boʻlgan shikastlanish-buzilish-sinish.**

Maxsus tripleks shishalar ham mavjud: tovush yutish (o'tkazmaslik) xususiyatli, isitgich moslamali, rangli, ko'zguli va h.k.

**Sitallar** shishalarni olish davrida kristallanish usulida olinadi. Bir yoki bir necha kristallik fazalardan iborat. Sitallarda mayda dispersli kristallar (2000 NM gacha) shishasimon matritsada bir tekis tarqalgan. Shisha tarkibini, katalizator turini va termik ishlash rejimini o'zgartirib, kerak bo'lgan xossalari sitallarni olish mumkin. Vazifasiga qarab sitallar texnikaviy va qurilish uchun mo'ljallangan bo'ladi. Texnikaviy sitallar o'z ichiga Li, Al, Si, Mo, Mg, Ca, Zn, Bo, oksidlarini olgan tizim asosida olinadi. Xossalari va vazifasiga qarab ular yuqori puxtalikdagi, kimyoviy turg'un, tiniq, radiotiniq, termo turg'un, ishqalanishga chidamli, fotositallar, slyudositallar, biasitallar, maxsus elektroxossali guruhlarga bo'linadi. Sitallar ko'proq raketa va aviasozlikda, radio elektronkada, kosmik va lazer texnikada ishlatiladi. Ishqalanishga chidamli va kimyoviy turg'un sitallar tekstil, avtomobil, kimyo sanoatlarida, burolashda, tog' burolash texnikasida ishlatiladi. Biositallar mustahkam va organizm terisi bilan o'rindoshligidan tibbiyotda ham ko'p qo'llaniladi, masalan, tish va suyak protezlarida. Sitallar maxsus elektr xossalarga ega: yuqori dielektriklik, sitallardan yarim o'tkazgichlar, ferromagnitlar, segnetoelektriklar va h.k. yasaladi. 9.2-jadvalda ba'zi sitallarning xossalari berilgan.

**Shisha tolalar.** Oddiy shishadan ingichka ancha-muncha egiluvchan tola (shisha tola) olish mumkin. Hozirgi zamonda maxsus xossali shishalardan yasalgan shisha tolalar keng ishlatiladi: tolali optikada va kompozitsion materiallarni (fiberglas), elektroizolyatsion (shisha lentalar, shisha tekstalit) hamda issiq o'tkazmaydigan (shisha paxta) materiallarni tayyorlashda.

Shisha tolalarning ahamiyatli xossasi uning yuqori mustahkamligi hisoblanadi. Mustahkamligi tabiiy va sun'iy tolalar mustahkamligidan bir necha bor katta. U yuqori dielektrik xossalarga, yonmaslik, bioturg'un, kimyoviy turg'un, olovbardosh va h.k. xossalarga ega.

Shisha tolalari ko'pincha ishqorsiz alumoborsilikatli shishadan olinadi. Borli angidrid ( $V_2O_3$ ) tolani atmosferaga turg'unligini va suvga turg'unligini ko'taradi. Lekin ancha qimmat. Ishqorli (borsiz) shisha mustahkamligi 20%ga kam. Ishqorli va ishqorsiz shisha tola-

larining mustahkamligi ularning diametriga bog'liq, diametri qancha kichik bo'lsa, mustahkamligi shuncha katta bo'ladi (9.3-jadval).

### Sitallarni xossalari

9.2-jadval

Ko'rsatkichlari	Sitallardakondari (mikromm)			
	8603	9005	9608	9608
Zichlik G/cm <sup>3</sup>	2,39	2,62	2,60	2,50
Hilastiklik moduli G/cm <sup>2</sup>	—	13 860	12 460	8 780
Fizikaliy mustahkamlik chiqimati G/cm <sup>2</sup>	25,2	25,9	22,4	16,1
Yumshashiluvchi t <sub>100</sub> °C	1000	1350	1250	1250
Chiqim ko'rsatkichi ko'rsatkichi $\alpha \cdot 10^{-7}, 1/^\circ\text{C}$	100	14	57	2 - 20
Yumshashiluvchi t <sub>25</sub> °Cda	—	0,185	0,190	0,190
O'rtacha 25 - 400°Cda	—	0,230	0,232	0,235
25°Cda ishqorsizlik ko'rsatkichi kal/cm sekC	—	0,01	0,008	0,004
25°Cda dielektrik dielektrik ko'rsatkichi $10^{-4}$ ga	5,2	6,1	5,62	6,78
25°Cda dielektrik yo'qotish ko'rsatkichi	0,27	0,01	0,014	—
250°Cda harorat dielektrik ko'rsatkichi	—	10	10	8,1

### Shisha tolani diametrini uning mustahkamlik chegarasiga bog'liqligi

9.3-jadval

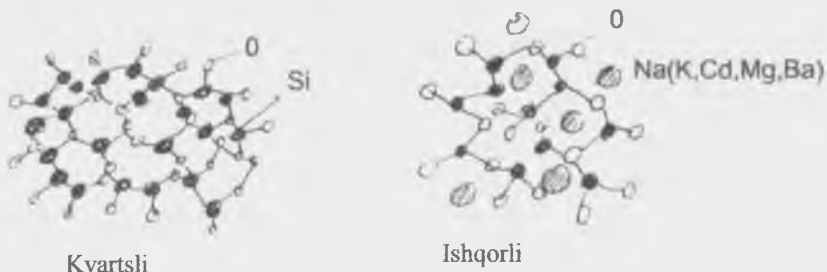
Tola diametri, MKM	Tolani mustahkamlik chegarasi	
	Ishqorsiz, MPa	Ishqorli, MPa
3	3500	2700
5	2470	1650
10	1700	1370
20	1300	1050
50	800	700

**Noorganik shishalar.** Noorganik shisha bu kristallik bo'lmagan material. Tarkibida shisha bo'lgan komponentlar (kremniy, bor, alu-

miniy, fosfor, titan, sirkoniy va boshqalar oksidlari) va metallar (litiy, kaliy, natriy, kalsiy, magniy, qo‘rg‘oshin va boshqalar) oksidlari eritmalarini o‘ta sovitib olinadi.

Bu tizimning suyuq holatdan shishaga o‘tishi va orqaga qaytishi oson. O‘z-o‘zidan o‘tishi ham mumkin. Bu shishalar strukturasi mikrokrstallik hosillarini, ya‘ni krstallitlarni ko‘rish mumkin. Bular ichida krstallik panjara bor. Lekin, tashqarisida struktura tartibsiz joylashgan bo‘ladi.

Eng ko‘p tarqalgani - silikat shisha. Asosiy tashkil etuvchisi-kremniy ikki oksidi( $\text{SiO}_2$ ) strukturaga qarab ikki xil bo‘ladi.



#### 9.4-rasm. Dag‘al shishali “xolst”.

Eng ko‘p tarqalgan tizim  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ , Bunga  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va  $\text{MgO}$  qo‘shiladi.

Kvartslı shisha tabiiy yoki sintetik shishani eritish bilan olinadi.

Texnikaviy shisha asosida—alumin bor-silikat tizimidagi shisha hosil qiluvchi yotadi.

Modifikatorlarning tarkibiga qarab shishalar ishqorli ( $\text{H}_2\text{O}$  K<sub>2</sub>O CaOlar 15%gacha) “ishqorsiz”(ishqor modifikatorlar 5%gacha) va kvartslı bo‘ladi.

Toblangan shisha qirralari va uchlari urilishlarga “sezgir”. Bunda quyuq darz chiziqalar bilan qoplanadi. Agar ikki list orasiga tiniq polimer plyonka yelimplansa, shisha singanda ham sochilib ketmaydi. Masalan, avtomobilning peshona oynasi (9.3-rasm).

Kvartslı shishalardan plyonkalar ham olinadi ( $t=5-100\text{mkm}$ ). Ular issiq o‘tkazmaydigan material sifatida ishlatiladi. Ko‘pik hosil qiluvchi shishalar-dielektrik sifatida ishlatiladi.

Yaxshi (tez-oson) eriydigan shishalar ( $600^{\circ}\text{C}$ da eriydigan bor-qo'rg'oshin) metallarni issiqdan saqlash uchun shisha-emal sifatida ishlatiladi.

**Organik shisha.** Organik shisha bu polimetilmetakrilat asosidagi materialdir (PMMA). Bu tiniq list sifatida olinadi. U atmosfera yuqori chidamli, yorug'likni va ultrabinafsha nurlarini yaxshi o'tkazadi, fizik mexanik xossalari yaxshi, elektroizolyatsiyasi yaxshi. Zichligi kam (sitallga nisbatan) mo'rt emas. Lekin ishlash harorati  $120^{\circ}\text{C}$  dan oshmasligi kerak.

## 9.2. Keramik materiallar

Keramik materiallar texnikada borgan sari ko'p qo'llanilmoqda. Bu materialning har xil sohalarda (ayniqsa, texnikada) keng qo'llanishiga sabab, uni o'ziga xos xususiyatlarga egaligidir. Metall va polimer konstrukcion materiallarga nisbatan keramik materiallarning afzalligi yuqori haroratda va karroziyali faol (agressiv) muhitlarda mexanik xossalari yomonlashmasdan bemalol ishlashidir. Keramik materiallar forma – o'lchamlarini yaxshi saqlaydi, yuqori qattqlikka ega, yuqori mexanik mustahkam hamda yuqori dielektrik xossali.

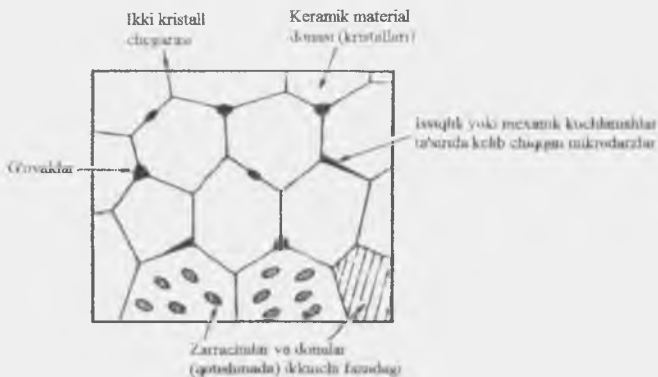
Oxirgi 20 yil ichida yuqori samarador keramik materiallar yaratilgan. Masalan, "sialon" materiali. Bu kremniy nitridi ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) va aluminiy oksidining ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) aralashmasidir. Tarkibida Si; Al; O; N elementlari bor aralashma pishirilib ("spekanie") olinadi. Sialon so'zi bu elementlarning birinchi raqamlarini yig'indisi.

Agar keramika tarkibiga metall kirsa u kermet deyiladi. Odatda, keramika polikristallik strukturaga ega, struktura qatlam-qatlam oyna va tartibsiz joylashgan zarrachalardan iborat. (9.5- rasm).

1-faza: zarrachalardan iborat kristallik zona;

2-faza: amorf (oynasimon) faza, zarrachalararo joylashgan qatlam;

3-faza: gazli-zarrachalar orasidagi g'ovaklar ko'rinishida, amorf faza bilan o'rab olingan.



### 9.5-rasm.Keramikaning strukturasi.

**Keramik materiallar turlari.** Hozirgi zamon keramikasi, farfor, keramik plitalari, qurilish va olovbardosh g'ishtlar loydan yasaladi. Pishirilgach, material kristallik fazadan (asosan silikat fazasidan) tashkil topgan va amorf faza asosida bog'langan (kremniy dioksidi ( $\text{SiO}_2$ ) bo'lati.

Keramik mahsulotlarning mustahkamligi ularning buzilishidagi uyushqoqligi va ulardagi mikro darzlarning o'lchami bilan aniqlanadi. Hozirda yuqori puxta, yuqori zich keramik materiallar texnikada katta rol o'ynamoqda. Bunday materiallarning buzilishidagi uyushqoqligini kattaligi ularni metallar, kermetlar hatto olmoslar bilan raqobatlashish imkonini beradi (9.4, 9.5-jadvallar), ayniqsa kesgich asboblarni yasashda, press-formalarda, meditsina implantatlarida va dvigatel detallarini ishlab chiqarishda ko'p ishlatiladi.

### Yuqori samarador keramik materiallar turlari.

9.4-jadval

Keramika	Tarkibi	Ishlatish joyi
Aluminiy oksidi	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Keskich asbobi, pressforma, yuqori zichlikdagi ishqalanishga turg'un materiallar, podshipniklar, meditsina implantatorlari, dvigatel detallari, bronyalar
Karbid, kremniy nitridi	$\text{SiC}, \text{Si}_3\text{N}_4$	
Siolonlar	$\text{Si}_3\text{AlON}_3$	
Kubikli sirkoniy oksidi	$\text{ZrO}_2 + 5\% \text{ mos MgO}$	

## Tabiiy keramik materiallar turlari

9.5-jadval

Keramika	tipi tarkibi	Ishlatilish joyi
Ohak (tromor)	Asosan $\text{CaCO}_3$	Fundamental va imoratlar konstruksiyalari
Qum	Asosan $\text{SiO}_2$	
Granit	Aluminiy silikat	

Keramik materiallarni bolt, zaklepka, payvandlash bilan birlashtirib bo'lmaydi. Bu materiallarni diffuzion va glazur bilan birlashtiriladi. Diffuzion bog'lashda detallar bir-biriga jips qisib-bosib qizdiriladi. Birlashish pishirish jarayonidagi jarayon tariqasida o'tadi. Bu usul bilan har xil tarkibli materiallarni ham birlashtirish mumkin. Glazer bilan yelimplashda detal yuzalari oson eriydigan shisha (oyna) bilan qoplanib bir-biriga jips qisib shisha erish haroratigacha qizdiriladi.

Keramik materiallar kimyoviy tarkibiga qarab quyidagi turlarga bo'linadi – oksidli, karbidli, nitridli, silitsidli va h.k.

**Oksidli keramika.** Bular nisbiy elektroqarshiligi yuqoriligi bilan xarakterlanadi –  $10^3$ – $10^{11}$  Om-sm; qisishga mustahkamlik chegarasi  $\sigma_{\text{kis}}=5$  GPa ga teng, harorat intervalida oksidlovchi muhitga chidamli, ba'zi bir turlari yuqori haroratda o'ta o'tkazgich hamda yuqori olovbardosh materialdir. Oksidli keramikaning eng ko'p tarqalganlari:

a) Alumosilikat  $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  asosidagi keramika. Kvartslı keramika yuqori termo-turg'un; radiatsiyaga turg'un; radioto'lqinlarni yaxshi o'tkazadi; yuqori kislotaga turg'un va olovbardosh. Tarkibida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ortishi bilan keramik materialda  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  mullitini ortishiga olib keladi. Bu o'z navbatida keramikasi mustahkamligini va termoturg'unligini ko'taradi, kislotaviyligini oshiradi. Tarkibida 28% atrofida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bo'lgan keramika "yarimkislotaviy" hisoblanadi (olovbardoshlar, farfor, fayans, kulolchilik mahsulotlari), bular shunday kaolinli paxta; bu asosda issiq o'tkazmaydigan materiallar; shamotli o'tga chidamli materiallar va h.k. Tarkibida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  90% dan ko'p korundli keramika qisishda yuqori mustahkamlik chegarasiga ega  $\sigma_{\text{kis}}=3$ –4Pa.



Alumosilikatli keramikadan har xil idish tovoqlar, detallar va koks chiqaradigan va marten pechlari uchun material, kosmik apparatlari uchun detallar, yadro reaktorlar qoplamalari, galogen lampalar korpuslari, suyak implantatlari, radioapparatlarning detallari va h.k.lar ishlab chiqariladi.

b)  $\text{SiO}_2$  va boshqa oksidlar asosidagi keramika. Bunday keramika tayyorlashda odatda gil-loy, kaolin, talk, Ba, Lihamda Ca, MgO karbonatlari, evkriptit, spoduten, pedalit, ashorit, trepen mineral-lari ishlatiladi. Radiotexnik detallarni, issiqlik almashuvchilarni, avto va aviasvechalari izolyatorlarni va h.k. larni ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

c)  $\text{TiO}_2$  asosidagi keramika; titanlar va sirkonatlar Ba, Sr, Pb asosidagi hamda niobotlar va tantolatlar Pb, Ba, K va Na asosidagi keramika. Bunday keramika yuqori elektroqarshiligi bilan xarakterlanadi, elektronikada va radiotexnikada keng ishlatiladi.

d) MgO asosidagi keramika. Magnezit, dolomit, ohak, xromomagnezit, sintetik MgO dan olinadi. Qo'shimchalar sifatida  $\text{CaO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ishlatiladi. 80% MgO bo'lgan keramika o'tga chidamli materialni tayyorlashda qo'llaniladi. Toza MgO dan olingan keramika generator izolyatorlarini, uchish apparatlari illyuminatorlarini yasashda ishlatiladi. Magnezit-ohakli (50% MgO, 10% CaO), magnezit-xromli (60% MgO, 5–18%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), xromomagnezitli (40–60% MgO, 15–30%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) va xromli (40% MgO, 25%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) keramikalar o'tga chidamli materiallar tayyorlashda ishlatiladi.

e) Shpinelli keramika ferrit asosida olinadi, asosan Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Zn. Odatda ferromagnitli xossaga ega va o'rin olishni qat-tiq eritma hosil qilish qobiliyatiga ega. Magnit o'tkazuvchilar, magnit g'altagi o'zagi va h.k. lar tayyorlanadi.

**Karbidli keramika.** Bularga karborund keramika va Ti, Nb, W karbidlari asosida olinadi. Yuqori elektr va issiqlik o'tkazadi, olovbardosh, SiC asosidagi keramika 1500°C da ham turg'un. Qisilishda yuqori mustahkam. Elektr pechlari yasaladi. W, Ti, Nb karbidli metall qirqish sanoatida juda ko'p ishlatiladi: BK6, T15K6, TT7K12.

**Nitridli keramika.** BN, AlN,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , PuN asosidagi materiallar, siapon, tarkibida Zr, O va N bo'lgan birikmalarni pishirib olingan

materiallar kiradi. Bunday keramikani kukunlardan azot muhitida 1700–1900°C haroratida 100MPa bosim ostida olinadi. Si kukuni N<sub>2</sub> muhitida reaksiya pishirilsan g'ovak keramika hosil bo'ladi. Nitridli keramika turg'un dielektrik xossaga, yuqori mexanik mustahkamlikka, termoturg'unlikka, har xil muhitlarda kimyoviy turg'unlikka ega. BN dan yasalgan keramikani egilishidagi mustahkamligi  $\sigma_{eg} = 75-80$  MPa, AlN dan olingan keramika uchun  $\sigma_{eg} = 200-250$ MPa; Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> uchun  $\sigma_{eg} = 1000$  MPa; Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dan olingan keramika olovbardoshligi C, O, Ni, Cr, Fe lardan olingan po'latlarnikidan qolishmaydi.

**Silitsidli keramika.** Eng ko'p tarqalgan Mo disilitsidi. Oksidlovchi muhitda turg'un (1650°C da ham). Elektr isitgichlarda ishlatiladi.

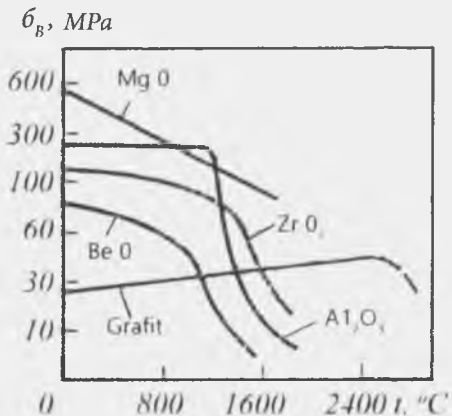
Oliy darajadagi olovbardorsh oksidli keramikani yupqa dispersli aluminiy, sirkoniy kislotaviy oksidlardan va beriliy, magniy, kalsiy, toriy va uran asosiy oksidlardan olinadi.

Polikristallik keramikada oynasimon va gazoviy faza yo'q. Bunday strukturali keramika yuqori issiq o'tkazuvchi va olovbardoshlik; termik va kimyoviy turg'un; bikir va oquvchanlikka turg'un xususiyatlarga ega.

Oksidli keramikani kristallik fazasi erish harorati  $T_{er} = 2000-3300$ °C, ish harorati  $T_{isl} = (0,8-0,9)T_{er}$ . Chiziqli kengayish koeffitsiyenti ( $\alpha$ ) erish haroratiga proporsional va  $\alpha = 8,5 \cdot 10^{-6} - 13,8 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  ga teng. Issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti  $\lambda = 1 \div 3$  Wt/(M.K.) ga teng.

Quruq va oksidlovchi muhitlarda oksidli keramika yuqori o'tga chidamligi turg'un. Qaytaruvchi muhitda uglerod va oltingugurt bilan reaksiyaga kirishishi mumkin. Tarkibida toriy, beriliy va sirkoniy bo'lganlari yuqori haroratda juda ham kamayadi. Shuning uchun ular boshqalarga nisbatan vakuumda yaxshi ishlaydi.

Oksidli keramika siqilish va egishga yaxshi ishlaydi. Harorat ko'tarilishi bilan va mahsulot g'ovakli ortishi bilan mexanik xossalari kamayadi. (9.6 - rasm) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> li keramika g'ovakligi 10% bo'lganda, uning oquvchanlikka qarshiligi 10 marta pasayadi.



**9.6-rasm. Har xil keramika va grafitni mustahkamligini haroratga bog‘liqligi.**

Pishirilgan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va  $\text{BeO}$  lar yuqori harorat o‘tkazuvchan bo‘lib eng katta termoturg‘unlikka ega.

Kislorodsiz keramika o‘zining oliy issiqbardoshligi, qattiqligi va ishqalanishga chidamliligi bilan ajralib turadi. Bular qatorida uglerodni elementlar bilan birikmalari: bor bilan – boridlar, azot bilan – nitridlar, kremniy bilan – silitsidlar, oltingugurt bilan – sulfidlar.

Ko‘pchilik kislorodsiz keramikalar po‘lat va qotishmalarga nisbatan yuqori haroratlarda mustahkamlikni kam yo‘qotadilar.

Kremniy karbidi himoya qoplama sifatida ishlatiladi ( $\text{SiC}$  – korborund) elektr qizdiruvchi pechlarda. Jilvirlashda abraziv material sifatida ham ishlatiladi.

Titan karbidi  $\text{TiC}$  reaktiv dvigatellar va atom texnikasida yuqori olovbardosh detallari ishlab chiqarishda foydalaniladi.  $\text{TiC}$  quyidagi xossalarga ega:  $\gamma=4920 \text{ kg/m}^3$ ;  $T_{\text{erish}}=3150^\circ\text{C}$ ;  $\alpha=9,6 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  $\sigma_{\text{eg}}=280\text{--}400 \text{ MPa}$ .

Boridlar yuqori qattiq, erish harorati baland:  $\text{CrB}$ , niki  $T_{\text{er}}=2200^\circ\text{C}$ ,  $\text{HB}$  uchun  $T_{\text{er}}=3250^\circ\text{C}$ . Boridlarining issiqda kamayishi yo‘q hisobdaligi uchun  $5500^\circ\text{C}$  da ham ishlatib beriladi.

Bor nitridi dvigatel “soplo”larida ishlatiladi, yumshoq, qaytaruvchi va neytral muhitda turg‘un. Yuqori haroratda xam termoturg‘un.

Yuqori harorat va bosimda olmos sifat kubik strukturaga o'tkazish mumkin, nomi "borazon", zichligi  $3450\text{kg/m}^3$  erish harorati  $T_{\text{er}}=3000^\circ\text{C}$ . Qattiqligi olmos qattiqligiga teng. Oksidlanishga turg'un,  $1900\text{--}2000^\circ\text{C}$  xom, qachonki olmos  $880^\circ\text{C}$  da temir Fe ga reaksiya beradi.

Ittriy oksidi  $\text{J}_2\text{O}_2$  (5–10%) bilan legirlangan kremniy nitridi  $1370^\circ\text{C}$  da ishlaydigan dvigatel gaz turbinasida qo'llaniladi.

Ikki keramika asosida, ya'ni oksid ionli  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (korund) va kislorodsiz kovalentli  $\text{Si}_2\text{N}$  (kremniy nitridi) asosida sintezlab yangi samarador material "Siamon" olingan, ifodasi  $\text{Si}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}_{2-x}\text{O}_x$ . Bu keramikadan yasalgan detal  $1700^\circ\text{C}$  da pishiriladi. Olingan mahsulot olovbardosh po'latlarga nisbatan 3 marta yengil va 10-marta arzon. Shuning uchun undan dvigatel silindri bloklari, gazoturbin lopatkalari yasalyabdi, qaysilarki issiqlik kuchlanishida ishlaydigan.

Silitsidlarning zo'r xususiyatlaridan biri qizdirilganda kuyundi hosil bo'lishiga turg'un (olovbardosh) :  $1300\text{--}1700^\circ\text{C}$  da ham. Eng tarqalgan  $\text{MoSi}_2$ .

Molibden disulfidi –  $\text{MoS}$ , ishqalanib yeyilishga qarshiligi yuqori; vakuum-kosmik texnikasida quruq moylovchi tarkibida ishlatiladi.

### **O'tga chidamli materiallar.**

O'tga chidamli materiallarga qo'yilgan talablar:

1. Yuqori haroratda ham yetarli darajadagi mustahkamlikka ega bo'lishi.

2. **Termik turg'unlik:** harorat o'zgarishi bilan hajmini o'zgarmasligi.

3. **Kimyoviy turg'unlik:** erigan metall, shlak va gazlarga nisbatan.

## **9.3. Rezina va yog'och materiallar**

**Rezina materiallar.** Ma'lumki, hozirgi zamon texnikasini rezinasiz tasavvur etib bo'lmaydi, ya'ni avtomobil, samolyot, velosiped shinalari, o'tkazgichlarining izolatsiyalari, g'ovvoslarning kiyimlari, aerostat ballonlari, shlanglar, dam berib shishiradigan qayiqqlar, protivogazlar, shuningdek ko'pgina xalq xo'jaligi mashina-mexanizmlari, qurilmalar va muhandislik konstruksiyalarida rezina juda keng ishlatiladi.

Rezina materiallar, asosan, kauchukni turli to'ldiruvchilar, plastifikatorlar, vulkanizatsiyalovchi agentlar, tezlashiruvchilar, aktivatorlar va boshqalar qo'shib, qayta ishlash orqali hosil qilinadi. Rezina juda ko'p xususiyatlarga ega bo'lgan konstruksion materialdir. Bulardan eng muhimi uning yuqori darajada elastikligi, ya'ni katta (100 % gacha) deformatsiyadan ham dastlabki holatiga qayta olishidir.

Rezina olish uchun asosiy material kauchukdir, ya'ni rezinadagi aralashmaning 10 – 98 % ni kauchuklar tashkil qiladi.

Kauchuklar, asosan, tabiiy va sintetik polimerlar bo'lib, oddiy haroratda yuqori plastiklik xossasiga ega.

Tabiiy polimer–kauchuk, hindcha “kaochu” so'zidan olingan bo'lib, “daraxtning ko'z yoshi” degan ma'noni anglatadi. Darhaqiqat kauchuk daraxtini kesganda undan suyuqlik (ko'z yoshi) ajralib chiqadi. Shuning uchun hindlar juda qadimdan oq yog'och smolasi (kauchuk) dan foydalanib kelganlar. Shunday qilib, tabiiy kauchuk (TK) kauchukli o'simliklar (daraxtlar)dan olinadi. U efir, benzin, mineral moylarida yaxshi eriydi, suvda esa erimaydi. Kauchuk 90 °C gacha qizdirilganda yumshab juda yopishqoq bo'lib qoladi, 0 °C dan past haroratda esa qattiqlashib, mo'rtlashib boradi. TK juda qimmatbaho material.

Texnikaning jadal taraqqiyoti tufayli faqat TK dan foydalanilmasdan, balki sintetik kauchuklar (CK) hosil qilinib, ulardan keng foydalanilmoqda.

Hozirgi vaqtda turli mamlakatlarda tegishli sanoat korxonalarida juda rang-barang sintetik kauchuk va shunga o'xshash konstruksion materiallar ishlab chiqarilmoqda. Etil spirti, atsetilen, butan, etilen, benzol, izobutilen, ba'zi galogenli uglevodorodlar va boshqalar sintetik kauchuk hosil qiluvchi asosiy materiallar hisoblanadi.

Shuni aytib o'tish kerakki, tabiiy kauchuklarning sintetik kauchuklarga nisbatan mustahkamligi yuqoridir, lekin TK larning sovuqqa va turli eritmalar ta'siriga bardosh berish xususiyatlari CK ga nisbatan ancha past.

Rezinalar vazifasi yoki ishlatilishiga qarab umumiy va maxsus tur-larga bo'linadi. Umumiy ishlarga mo'ljallangan rezinalar suvda, kis-lota va ishqorlarning kuchsiz eritmalarida, havoda (50 °C dan 130 °C

gach.) haroratda va boshqa muhitlarda ishlatilishi mumkin. Shunday rezinadan mashina shinalari, turli tasmalar, shlanglar, transportyor tasmalari, kabellarning izolatsiyalari (qoplamalari) va boshqa turli buyumlar ishlab chiqariladi.

Maxsus vazifalarga mo'ljallangan rezinalar, o'z navbatida, moybenzinga, issiq va sovuqqa chidamli, elektr o'tkazmaydigan; gazlar va suyuqliklarga chidamli turlarga bo'linadi. Bundan tashqari, maxsus rezina turiga armaturali rezinalar ham kiradi (presslash va vulkanizatsiyalash jarayonida metall turlar, qistirmalar rezina aralashmasi orasiga qo'yilib uning mustahkamligi va egiluvchanligi oshiriladi). Bunday rezinalardan avtomobil shinalari, yuritma tasmalari, transportyor tasmalari va boshqalar tayyorlanadi.

**Rezinali yelimlar**, asosan, eritmalarga kauchuk yoki rezinali aralashmalarni qo'shib eritish orqali hosil qilinadi. Bunday yelimlar vulkanizatsiyalovchi (tabiiy kauchukning organik eritma bilan aralashmasi), issiqda vulkanizatsiyalovchi (140–150°C harorat ta'sirida) va o'zi vulkanizatsiyalovchi (xona haroratida) yelimlar guruhlariga bo'linadi. Ikkinchi va uchinchi guruhlariga kiruvchi yelimlarga, asosan, sintetik smolalar qo'shiladi. Ushbu yelimlar bilan hosil qilingan birikmalar vulkanizatsiyalovchi yelimlar yordamida olingan birikmalarga nisbatan ancha mustahkam bo'ladi. 88 va 88N markali rezinali yelimlardan eng ko'p foydalaniladi. Ular, asosan, rezinali aralashmalarni va butilfenolformaldegidli smolalarni etilatsetat va benzinda eritish orqali hosil qilinadi.

Rezinali yelimlar yordamida rezinani rezina bilan, metallar, shishalar va boshqalar bilan birlashtirib, yelimli birikmalar olinadi.

Bundan tashqari, texnikaning turli sohalarida metallarni o'zaro va nometall konstruksion materiallar bilan yelimlab birikma hosil qilish uchun tarkibi sintetik smolalar va sintetik kauchukdan iborat bo'lgan yelimlar (BF-2, BF-4, VC-10T VK-32-200, VK-3, VK-4, K-153) va epoksidli yelimlar (Pr va PVK-1, VK-7, PU-2, VK-5) ham keng ishlatiladi.

Elastiklik xususiyati yuqori bo'lgan materiallar zamonaviy texnikada muhim rol o'ynaydi. Ulardan mexanik yuklamalarni yumshatadigan va so'ndiradigan, uskuna va konstruksiyalarni jipslab, kimyoviy

ta'sirlardan himoya qiladigan buyumlar tayyorlanadi. Elastikligi yuqori materiallarga tabiiy va sintetik polimerlar kiradi, ular katta miqyoslarda deformatsiyalansa ham o'z holiga qaytish xususiyatiga ega. Shunday tabiiy materiallardan biri natural kauchuk hisoblanadi, lekin hozirgi vaqtda yuqori molekular birikmalarni sun'iy sintezlash orqali kauchukning turli ko'rinishlari ishlab chiqarilayapti (sintetik kauchuklar). Kauchuklar rezina ishlab chiqarish uchun asosiy xom-ashyo vazifasini o'taydi.

Rezina buyumlar (rezina – texnik buyumlar) mashinasozlikning hamma tarmoqlarida qo'llanadi. Ulardan eng muhimlari avtomobil shinalari, kontakt zichlamalar, amortizatorlar, egiluvchan uzatmalar tasmasi, shuningdek, yonilg'ilar, gidravlik sistema suyuqliklari, siqilgan havo hamda boshqa texnik suyuqliklar va gazlarni so'rib, boshqa joyga o'tkazish shlanglari hisoblanadi. Tog' qazish uskunalarning metall ishchi organlarining yeyilishdan saqlash uchun ularga rezina qoplama beriladi.

Rezina – texnik buyumlarni olish texnologiyasi kauchukni qo'shilmalar va to'ldiruvchilar bilan aralashmasini vulkanizatsiya qilishga asoslanadi. Turli rezina aralashmalaridan ekspluatatsiya tavsiflari har xil, atrof-muhit omillari ta'siriga bardoshli rezina materiallari olinadi. Yorug'likka, ozonga, radiatsiya nurlariga chidamli va boshqa maxsus vazifalarga mo'ljallangan rezinalar ana shunday materiallardir.

Rezina iste'molchilarga yarim mahsulot – rezina aralashmalari (qoliplash, armaturalash va vulkanlash yo'li bilan buyum yasashga tayyor), vulkanlangan plastinalar, shnurlar ko'rinishida yoki tayyor mahsulotlar (tasmalar, lentalar, yenglar, shinalar va b.) ko'rinishida yetkazib beriladi. Rezina aralashmasining marka ifodasida, mexanik xususiyatlari, issiqlikdan eskirish, sovuqqa va moylarga chidamliligi va boshqa belgilari bo'yicha rezina turi kodlar bilan ko'rsatiladi.

Rezina (vulkanizat), qo'llanish sohasiga qarab, ikki asosiy guruhga bo'linadi: umumiy ishlar va maxsus vazifalarga mo'ljallangan.

Umumiy ishlarga mo'ljallangan rezina natural kauchuk, butadienli, izoprenli, butadien-stirolli, xlorprenli, kauchuklar, butil-kauchuklar va ularning kombinatsiyasidan tayyorlanadi. Bu rezinalar minus

50 dan 150 °C gacha haroratlarda ishlay oladi, shinalar konveyer tasmalari, yuritish kamarlari va boshqa rezina-texnik buyumlar uchun ishlatiladi; plastinalar, listlar, rulonlar va shnurlar ko‘rinishida, GOST 7338–90, GOST 6467–79 larga muvofiq ishlab chiqariladi.

Maxsus vazifalarga mo‘ljallangan rezinalar alohida sharoitlarda qo‘llanadigan bir necha turga ajratiladi.

Itilen-propilenli va butil-kauchuklar asosida tayyorlangan is-siqbardosh rezinalar 150...200 °C haroratlarda ishlay oladi. Element-organik kauchuklar (dioksid kremniy bilan to‘ldirilgan bo‘lsa) asosi-da tayyorlangan rezinalar, shuningdek, polifosfonitril xlorid turidagi noorganik polimerlardan tayyorlangan rezinalarning ishchi harorat-lari yanada yuqoriroq.

Minus 50 °C va undan past haroratlarda uzoq vaqt ishlatiladigan sovuqbardosh rezinalar, shishalanish harorati past kauchuklar (kremniy-organikali, stereo-muntazam butadienli) asosida yoki shishala-nish harorati odatiy (masalan butadien-nitrilli), lekin maxsus plas-tifikatorlar (sebatsinatlar va b.) qo‘shilgan kauchuklar asosida tayy-orlanadi.

Butadien- nitrilli, polisulfidli, uretanli, xlorprenli, vinilpiridinli va tarkibida ftor bor kauchuklar asosida tayyorlangan, moy va tenzinga chidamli rezinalar neft mahsulotlari va o‘simlik moylari bilan uzoq vaqt kontaktda ishlay oladi.

Agressiv muhitlar (kislotalar, ishqorlar, ozon va b.) ta‘siriga chi-damli rezinalar butil-kauchuk, butadien-nitrill, kremniy-organikali, ftorli, xloroprenli, kauchuklar, akrilat-kauchuklar va xlor-sulfidlan-gan polietilendan tayyorlanadi.

Elektr o‘tkazadigan va magnitli rezinalar qutbli butadien-nitril kauchuklardan va shunday xususiyatli to‘ldiruvchilari bor boshqa kauchuklardan olinadi.

Dielektrik (kabel) rezinalari kremniy-organikali, etilen-propilenli, izoprenli va noorganik to‘ldiruvchilari bor boshqa kauchuklardan ish-lab chiqariladi.

Qo‘rg‘oshin va bariy oksidlari bilan to‘ldirilgan ftorli, butadien-nitrilli va butadien-stirolli kauchuklardan tayyorlangan, radiatsiyaga chidamli rezinalardan rentgen apparatlari detallari, radioaktiv izotop-



lar va boshqa zaryadlangan zarralar bilan ishlaydiganlar uchun hi-moya kiyimlari tayyorlanadi.

Rezinaning yuqorida aytilgan turlaridan tashqari, yana, vakuumli, titrash-, suv-, olov- va yorug'likbardoshli, optik aktiv, friksion, tib-biy, oziq-ovqat bilan kontaktda ishlaydigan va boshqa turlari ham bor.

Tayyor rezina-texnik buyumlar rezina asosidagi kompozitlar va armaturalovchi sinch (karkas)dan tayyorlanadi. Ulardan ko'p tar-qalgani: amortizatorlar, podshipniklar, metall kord yoki sim bilan armaturalangan shinalar (DS 7199–77, DS 4754–97); armaturalan-magan to'qima va metall karkasli yenglar va quvurlar (DS 5398–76, DS 18698–79); zichlovchi manjetalar (DS 14896–84) va boshqa qa-tor buyumlar.

Rezinalarning fizik-mexanik, himoyaviy va boshqa xususiyatlarini kauchuk asos belgilaydi. Shunga qaramay, mexanik omillar ta'sir qil-ganda hamma rezinalar uchun xos bo'lgan umumiy qonuniyatlar bor-ki, bular, rezinalar deformatsiyadan chiqib, avvalgi holatiga kirish xususiyati bilan bog'liq. Metallardan farqli o'laroq, rezinalar uchun "kuchlanish-deformatsiya" diagrammasining shakli S-simon bo'lishi, xona haroratlarida yuqori sudraluvchanlik va qoldiq deformatsiyalar, mexanik xususiyatlarning yuklanish va harorat rejimlariga bog'liqligi, deformatsiyalanganda hajm o'zgarishligi xos.

Rezinalarning elastiklik moduli (0,5...8,0 MPa), cho'zish darajasi o'rtacha bo'lganda, po'lat uchun Yung moduli qiymatidan o'n-yuz ming marta kichkina. Kichik deformatsiyalar miqyosida, siljish mo-duli elastiklik modulining 1/3 qismiga teng.

Yuqori elastiklik holatidagi rezinaga mexanik yuklama beril-ganda relaksatsiya hodisasi kuzatiladi, ya'ni materialning mexanik ta'sirlarga reaksiyasi vaqt mobaynida kechikadi. Rezinalarning re-laksiyali xususiyatlari nomuvozanatli holatdan muvozanatga o'tish davomiyligini ko'rsatadi. Bunda kuchlanish  $\sigma$  bilan, deformatsiya  $\varepsilon$  o'rtasidagi nisbat vaqtga bog'liq bo'lmaydi, muvozanatning elastik-lik moduli bir xilligicha saqlanadi.

Umumiy holda  $\sigma/\varepsilon$  nisbati yuklamaning, ya'ni deformatsiyaning ortish tezligi yoki kuchlanish relaksatsiyasining funksiyasidir. Biroq, rezinaning deformatsiyalanish xususiyati shundaki,  $\sigma/\varepsilon$  nisbat na-

taqat mexanik yuklanish rejimiga, balki  $\sigma$  yoki  $\varepsilon$  ning absolyut qiymatiga ham bog'liq (xususiyatlarning egri chiziqli qonuniyat bilan o'zgarishi). Bunday bog'lanish ham muvozanatli, ham muvozanatsiz yuklanish uchun xos.  $\sigma$  yoki  $\varepsilon$  ning qiymati qanchalik katta bo'lsa, xususiyatlarning egri chiziq bilan o'zgarishi shunchalik kuchli bo'ladi.

Muhandislik amaliyotida rezinalar statik yuklangandagi mexanik xususiyatlari ko'rsatkichlaridan tez-tez foydalaniladi:

- cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi –  $\sigma_r$  (haqiqiy mustahkamlik);
- mustahkamlikning shartli chegarasi –  $\sigma_u$  (namunani uzgan kuchning dastlabki ko'ndalang kesim yuzasiga nisbati);
- uzilishdagi nisbiy cho'zilish –  $\varepsilon_r$  ;
- nisbiy qoldiq cho'zilish –  $\varepsilon_{ast}$  ;
- namunaning berilgan cho'zilishiga mos shartli kuchlanish –  $\sigma_e$  ;
- tirnashga qarshilik –  $B$  (uzuvchi yuklamaning namunada qirqib qo'yilgan joy qalinligiga nisbati; ma'lum tezlik bilan tirnaladi);
- Sho'r bo'yicha qattiqlik –  $H$ .

Rezinalarni fizik-mexanik sinash uchun qo'yilgan umumiy talablar GOST 269–66da keltiriladi.

Ekspluatatsiya jarayonida rezinalar turli ko'rinishda eskirishga duch keladi (issiqlikdan, yorug'likdan, ozon radiatsiya va vakuum ta'siridan eskirish) va ishlash qobiliyati yo'qoladi. Rezinaning eskirishga qarshiligi kauchuk bilan to'yinish darajasiga monomolekularining egiluvchanligiga, zanjirdagi kimyoviy bog'lanishlarning mustahkamlik darajasiga, yo'nalish (orientatsiya) va kristallanishga bog'liq.

**Yog'och materiallar.** Yog'och konstruksion material sifatida sanoatning turli sohalarida (avtomobilsozlikda, mebel sanoatida, qishloq xo'jalik mashinasozligida va boshqa joylarda) ishlatiladi. Yog'ochning afzalligi quyidagilardan iborat: solishtirma mustahkamligi yuqori, zarbiy va titrash nagruzkalariga qarshiligi yaxshi, issiqlik o'tkazuvchanligi kam, chiziqli kengayish temperatura koeffitsiyent past (po'latnikiga qaraganda 2–3-marta kam). Yog'och kislotaga, tuz, moy ta'siriga chidamli. Yog'och kamchiliklariga quyidagilar kiradi: yog'och gigroskopik bo'lganligidan buyum shaklining stabilligi bu-

ziladi; yaxshi yonadi, mexanik xossalari anizotropik. Yog'ochning mexanik xossalari uning namligi va tolalarining yo'nalishiga bog'liq. Yog'och xossalarini solishtirish uchun 15% ga teng standart namlik belgilangan.

Eng ko'p tarqalgan yog'och turlari tolalari bo'ylab statik egilganda quyidagicha mustahkamlik chegaralariga (MPa) ega bo'ladi: zarang – 105, tilog'och-98, qayin-96, qoraqayin-95, qarag'ay -76, archa -72.

Tabiiy yog'och tilingan binokorlik materiallari ko'rinishida ishlatiladi. Ko'ndalang kesim o'lchamlariga qarab yog'och materiallar to'sinlar (100x100 mm dan katta); brusoklar ko'pi bilan (eni qalinligidan ikki marta katta) taxtalar (eni qalinligidan kamida ikki marta katta) kabi xillarga bo'linadi.

Nina bargli daraxtlardan tilingan yog'och materiallar ko'proq ishlatiladi, chunki ularning mustahkamligi katta, kamroq, chiriydi. Nina bargli va yaproqli qattiq daraxt (dub, shumtol) dan olingan yog'och materiallar kuch tushadigan detallarda ishlatiladi.

Faner – qatlamli yog'och material bo'lib, tilib olingan shponlarni yoqoch tolalarini bir-biriga ko'ndalang joylashtirib, uch va undan ortiq qatlam qilib yopishtirish yo'li bilan hosil qilinadi. Shilingan shpon deb, yog'och g'o'lanini aylantirib, undan 0,3–3 mm qalinlikda yo'nib olinadigan yupqa yog'och listlarga aytiladi. Shponlarni yopishtirish uchun fenol-formaldegidli, karbamidli va boshqa yelimlardan foydalaniladi. Yelim turi fanerning suvga chidamliligiga, mustahkamligiga ta'sir qiladi. Oq qayin shponidan fenol-formaldegidli yelim bilan yopishtirib tayyorlangan, bakelizatsiya qilingan faner nisbatan ancha mustahkam va suv ta'siriga chidamli bo'ladi.

Oq qayindan yasalgan fanerning tolalari bo'ylab mustahkamligi 65–80 MPa. Presslangan yog'och suv bug'larida oldindan 100–105°C temperaturagacha bug'langan yoki issiq gazlar bilan qizdirilgan brusok va taxtalarni metall qoliplarda presslash yo'li bilan olinadi. Hosil bo'lgan yog'och shaklini qotirib qo'yish uchun uni bosim ostida 100–120°C temperaturagacha 5–8% namlik hosil bo'lguncha qizdiriladi. Zarbiy nagruzklar ostida ishlaydigan mashina detallarini (kulachoklar, vtulkalar, podshipniklar va hokazolar tayyorlashda presslangan yog'och, rangli metallar, plastmassalar) o'rnini bosa oladi.

Yog'och payraxalaridan yasalgan plita yog'och payraxalarini bog'lovchi modda bilan birga issiqlayin presslash yo'li bilan olinadi. Bir qatlamli, uch qatlamli va faner yoki qog'oz bilan qoplangan plitalar ishlab chiqariladi. Bunday plitalar qurilishda, mebel ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Yog'och tolali plitalar maydalangan yog'ochga bog'lovchi moddalar qo'shib tayyorlanadi. Temperatura va bosim ostida yog'och tolalari bir-biriga presslanadi va hamma yo'nalishlari bo'yicha mustahkamligi bir xil bo'lgan materialga aylanadi. Yog'och tolali plitalar qurilishda, avtobus hamda vagon ichlarini bezashda va hokazolarda ishlatiladi.

Yog'och materiallar qimmatli xususiyatlarga ega: solishtirma mustahkamligi yuqori, dekorativ, zichligi kam, ishlov berish oson, issiqlik- va elektr o'tkazuvchanligi kam. Shu xususiyatlari sababli yog'och materiallar sanoatning ko'p tarmoqlarida ishlatiladi. Yog'ochning konstruksion material sifatida afzalligi shuki, u tabiiy ravishda ko'payadi, tabiatdagi miqdori sanoatda qo'llanish hajmi bilan tenglashtirib bo'lmaydigan darajada ko'p.

Yog'och materiallarning kamchiliklari ham ko'p. Bulardan asosiysi mexanik xususiyatlarning bir xil emasligi (anizotropiya), yonuvchanlik, chirish, zamburug' bosishga moyillik. Shu kamchiliklar tultayli modifikatsiyalanmagan yog'och materiallardan mashinasozlikdagi mas'uliyatli konstruksiyalarni, yuklama ko'taradigan detallarni tayyorlab bo'lmaydi.

Yog'och materialni modifikatsiyalashning fizik va kimyoviy usullari mavjud. Yog'och kapillar-g'ovak tuzilishga ega bo'lgani uchun uni to'ldirish imkoniyatlari beqiyos. Bu komponentlar sintetik smolalarning, yengil eriydigan metallar va qotishmalarning, tuzlar va monomerlarning eritmaları va suyuqlanmalari ko'rinishida kiritiladi. Modifikatsiyalash natijasida yog'och material umuman yog'ochlarga xos bo'lmagan yangi xususiyatlarga ega bo'ladi. Bular – yuqori mustahkamlik, yeyilishga chidamlilik, namga bardoshlilik, yonmaslik.

Yog'och asosida tayyorlangan konstruksion materiallar mashinasozlikda qo'llanadi. Bular yog'och-plastiklar, yog'och-qatlamli plastiklar, armaturalangan yog'och plastiklar. Ularni olish uchun yog'ochga turli modifikatorlar beriladi, maxsus texnologiyalardan,

bog'lovchi moddalardan foydalaniladi. Yog'och kompozit materiallar nomenklaturasi muttasil kengayib bormoqda.

**Yog'och materiallar va ularda uchraydigan nuqsonlar.** Yog'och materiallar tayyorlash. Yog'och materiallarga qo'yiladigan talablar tegishli DS bilan belgilanadi. DS da yog'och materiallarning o'lchamlariga, joiz nuqsonlariga, ishlov berish sifatiga, o'lchash usuliga, navlarga ajratish, markalash va hisoblashga nisbatan qo'yiladigan talablar ko'rsatiladi.

Xalq xo'jaligining turli sohalarida asosiy yog'och materiallar – turli xodalar, taxta materiallari, bruslar, fanerlar (randalangan, tilingan, yo'nilgan, yelimgan fanerlar va h.), duradgorlik plitalari, yog'och payraxali plitalar keng ishlatiladi.

Xoda shox-shabbalari kesilgan, po'stlog'i tozalangan daraxt tanasining bir qismidir. Xodalar 3 guruhga bo'linadi, ya'ni ingichka (kichik diametrli) xodalar – diametri 8–13 sm gacha; o'rtacha xodalar (o'rtacha diametrli) – diametri 14–24 sm gacha; yo'g'on (katta diametrli) xodalar – diametri 25 sm va undan yo'g'on bo'ladi. Xodalarning asosiy uzunligi 6,5 m bo'lib, qurilishda ishlatiladigan xodalar ko'pincha 4–7 m uzunlikda tayyorlanadi.

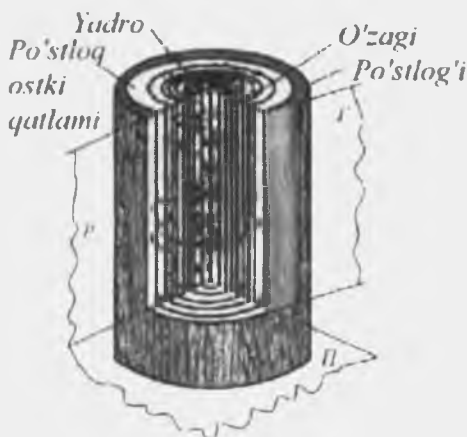
Y o g' o c h – o'simlik to'qimasi, yuqori molekular organik birikmalardan tashkil topgan (39–58% selluloza, 17–34% lignin, 15–35% gemitselluloz). Bulardan tashqari yog'ochda oz miqdorda quyi molekular moddalar (kislotalar, smolalar, efir moylari, yog'lar) va mineral moddalar (silikatlar, fosfatlar, metall oksidlari) bor.

Igna bargli (qarag'ay, archa va b.) va yaproqli (eman, qayin va b.) daraxtlar yog'ochi bir-biridan farq qiladi. Lekin turli jinsdagi yog'ochlarning kimyoviy tarkibi deyarli bir xil: 49–50% uglerod, 43–44% kislorod, 6% vodorod, 0,1–0,3% azot. Yog'och daraxt tanasining asosiy massasini tashkil etadi va hujayralardan tuzilgan. Ular turli vazifalarni bajaradi va turlicha xususiyatlarga ega.

Yog'ochning makrostrukturasida o'zak, yadro va po'stloq osti qatlami mavjud (9.7-rasm). *O'zak* – mustahkam bo'lmagan birlamchi to'qima, yupqa devorli hujayralardan iborat. Yadro (pishgan yog'och) – o'lgan hujayralar to'plami bo'lib, qatronli oshlovchi moddalar shimilgan; daraxt tanasining eng qimmatli va mustahkam qismi hisob-

lanadi. *Po'stloq osti qattam* – o'sayotgan daraxtning tirik hujayralari bo'lib, ular orqali ozuqa moddalar harakatlanadi.

Har qanday yog'ochning asosiy strukturaviy birligi – hujayradir. Uning qobig'i selluloza, gemitselluloza va lignindan iborat. Hujayralar bir-biriga yopishib ketishi natijasida diametri 50–400 mkm va uzunligi 0,02 m.dan – 3,0 m.gacha tomirlar hosil bo'ladi. Tomirlarning devorlari deformatsiyalanishdan saqlaydigan moddadan tuzilgan. Suv yoki o'simlik shirasi bilan to'lgan tomirlar yog'ochda o'tkazuvchi sistema vazifasini bajaradi. Yog'och mikrostrukturasi-ning elementlari mikroskopiya usullari bilan tadqiq etiladi. Bu elementlarga o'tkazuvchi hujayralar (traxeidlar, tomirlar), mexanik hujayralar (libriforma tolalari) va zaxiralovchi hujayralar (parenximli h) kiradi.



**9.7-rasm. Daraxt tanasining qirqimlar tekisliklari:**  
**Π – ko'ndalang; P – radial; T – tangensial.**

Libriforma tolalari uzunligi 0,7–1,6 mm va eni 0,02–0,07 mm, qalin qobiqli hujayradir. Undagi hujayralar soni yog'ochning mexanik xususiyatlarini belgilaydi. Zaxiralovchi hujayralar – eni 0,05–1,0 mm bo'lgan tasmasimon shaklda hujayralar to'plamidan iborat. Ular o'zak nurlarini tashkil etadi va yog'lar, uglevodlar, oqsillarni to'plash uchun xizmat qiladi.

Yog'ochning eng muhim va ahamiyatli komponentlaridan biri suv bo'lib, u namlikni belgilaydi. Yog'ochning *namligi* erkin (kapillar) namlikning mavjudligi bilan tavsiflanadi. Bu namlik hujayralar ichini to'ldiradi va ularning qobiqlarida bo'ladi va bog'langan (gigroskopik) holatda bo'ladi. Namlik foizlar bilan aniqlanadi va yog'ochni quritishdan oldingi massasini, qurigandan keyingi massasiga nisbati orqali topiladi (100–105 °C haroratda quritiladi). Yog'ochning, erkin namligi butkul yo'qolgan, bog'langani esa hujayralar devorlarini to'yintirishga yetadigan holati to'yinish nuqtasi yoki gigroskopik namlik chegarasi deyiladi. Bu holat taxminan 30% namlikka mos keladi (yog'och toifasiga qarab 23% dan 35% gacha o'zgaradi).

Suv bilan to'yingan yog'och namlikni havoga oson tarqatadi; o'ta qurigan daraxt esa, aksincha, namlikni o'ziga tortadi. Yog'och ochiq havoda uzoq vaqt ushlab turilganda teng namlik holati (odatda 10–20%) yuzaga keladi. Bu holat havo harorati va namligi bilan aniqlanadi.

Yog'ochning fizik-mexanik tavsiflari uning makro va mikro strukturasi bog'liq.

Yog'ochning muhim xususiyatlaridan biri – quriganda cho'kishidir. Bunda yog'ochning chiziqli o'lchamlari radial va tangensial yo'nalishlarda bir xilda o'zgarmaydi, shu sababdan yog'och zagatovkalar qiyshayadi va yorilib ketadi.

Yog'ochning zichligi daraxtning turiga bog'liq, bitta tur chegarasida esa, yog'ochning namligi va sifatiga bog'liq. Zichligi katta chegaralarda o'zgaradi. MDHda o'sadigan daraxtlar ichida zichligi eng kami – Sharqiy Sibirda o'sadigan paxta ( $345 \text{ kg/m}^3$ ), oq tol ( $415 \text{ kg/m}^3$ ) va b.; eng zich yog'och – shamshod daraxtida ( $960 \text{ kg/m}^3$ ), temir qayinda ( $970 \text{ kg/m}^3$ ), saksoyda ( $1040 \text{ kg/m}^3$ ). Chet ellardagi daraxt turlari ichida zichligi eng kami ( $100\text{--}130 \text{ kg/m}^3$ ), Janubiy Amerikaning tropik zonasida o'sadigan balza, zichligi eng kattasi ( $1400 \text{ kg/m}^3$ ) – bakaut daraxti (Antil orollari va Dominikan respublikasida o'sadi) hisoblanadi.

**Taxta materiallar.** Yo'g'on xodalar piloramalar, tasma arrali, disk arrali dastgohlar yordamida tilinib har xil taxta materiallar hosil qilinadi. Bunday taxtalarining qalinligi 7, 10, 13, 16, 19, 22,

25, 32, 40, 45, 50, 60, 70, 75, 100 mm va eni 80 dan 250 mm gacha (10 mm dan oralatib) bo'ladi.

**Faner** – g'o'larni tilish, randalash, yo'nish yo'li bilan olinadigan yupqa yog'och-taxta material. Tayyorlash usuliga qarab tilingan, randalangan, yo'nilgan, yelimplangan fanerlar bo'ladi. Tilib, randalab olinadigan fanerlar eman, shumtol, yong'oq, qayrog'och, zarang, nok va boshqa qimmatbaho yog'ochlardan tayyorlanadi. Fanerlar har xil duradgorlik ishlarida, mebelsozlikda qoplama material sifatida ishlatiladi.

**Randalangan fanerlar** – faner randalovchi maxsus dastgohlarda yog'ochlarni randalash yo'li bilan hosil qilinadi. Bunday fanerlarning qalinligi 0,8–1,5 mm, eni 80 mm va undan ortiq, uzunligi 100 mm va undan ziyod bo'ladi.

**Tilingan fanerlar** – burang yoki bug'lash natijasida mo'rt bo'lib oladigan ba'zi yog'och g'o'lalarini tilish yo'li bilan hosil qilinadi. Yo'g'on g'o'larni radial yo'nalishda tilish yo'li bilan olinadigan fanerlar boshqa yo'nalishda tilib olingan fanerlarga qaraganda yuqori baholanadi. Chunki radial yo'nalishda tilingan fanerlarda o'zak nurlari juda chiroyli tekstura hosil qiladi. Bu holda fanerlar qimmatbaho mebellar tayyorlash va qoplash maqsadida ishlatiladi. Tilingan fanerlarning qalinligi 0,8–2 mm gacha bo'ladi. Fanerning namligi 10 % bo'lishiga ruxsat etiladi.

**Yo'nilgan fanerlar** (shponlar) yo'nuvchi dastgohlarda tayyorlanadi. Yo'nilgan fanerning qalinligi 0,3–3,5 mm gacha, eni esa g'o'laning uzunligiga teng bo'ladi. Butun g'o'lani yo'nilganda spiralsimon shpon hosil bo'ladi. Shu yo'l (usul) bilan zarang, kareliya qayinidan "qush ko'zi" deb ataluvchi chiroyli gulli shpon olinadi.

**Yelimplangan fanerlar** yo'nilgan shponlarni bir-biriga yelimplash yo'li bilan tayyorlanadi. Bunday faner 3–15 tagacha bo'lgan to sonda-gi shpon varaqlaridan tayyorlanadi. Fanerlar kazeinli, albuminli yelimlar bilan va sintetik smolalar bilan yelimlanadi.

Yelimplangan fanerlar taxta materiallarga qaraganda qator afzal-liklarga ega:

1. Hamma yo'nalishlarda puxtaligi bir xil.
2. Taxta materialga nisbatan kam tob tashlaydi. Ro'y bergan tob tashlash yelimplash yo'li bilan oson bartaraf etiladi.



3. Kam yoriladi. Yoriqlarning bir tomondan ikkinchi tomonga o'tishi mutlaqo ro'y bermaydi.

4. Faner taxtalarning o'lchami katta bo'lganligi uchun taxta materiallarni yig'ib birlashtirishga hojat qolmaydi, ishlar qisqaradi, osonlashadi.

5. Oson egiladi (xususan, buklangandan so'ng).

6. Teshish uchun qulay va h.k.

**Yog'ochlarda uchraydigan nuqsonlar.** Tegishli sanoat korxonalarida hosil qilinadigan yoki tayyorlanadigan yog'och materiallar hamma vaqt ham yuqori sifatli bo'lavermaydi. Yog'och materiallarning navi, sifati, texnik xossalarini pasaytiruvchi, ishlatilish sohalarini cheklovchi, xizmat muddatini qisqartiruvchi, ishga yaroqsiz holga keltiruvchi tabiiy holda mavjud bo'lgan yoki keyinchalik yuzaga kelgan bu xil kamchiliklar yog'ochlarning nuqsonlari deyiladi. Yog'ochlarda uchraydigan nuqsonlarning aksariyati asosan o'sish davrida yuzaga keladi, ba'zan esa material tayyorlash, tashish, saqlash, undan foydalanish vaqtida ham paydo bo'ladi. Yog'och materiallarda tabiiy mavjud bo'lgan va keyinchalik paydo bo'ladigan nuqsonlar – ko'zlar, yog'och rangining buzilishi, chirish, turli yoriqlar, hasharotlar bilan shikastlanish shular jumlasidandir.

#### 9.4. Lok -bo'yoq va yelim materiallar

**Lok va bo'yoq materiallar.** Xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladigan lok va bo'yoq materiallar asosan suyuq, xamir (pasta) va kukun ko'rinishlarida bo'lishi mumkin.

Har qanday lok yoki bo'yoq materiallar bilan turli sirtlarni qoplaganda yupqa parda yoki qatlam hosil bo'ladi. Hosil bo'ladigan bunday qatlam tegishli buyum (detal) materialini korroziyadan (metall va qotishmalarga xos), egilish (bukilish) va namlanishdan (yog'och va plastmassalarga xos) saqlaydi yoki ularga tashqi chiroy, estetik ko'rkamlik baxsh etadi.

Shuning uchun hozirgi vaqtda detallarni (buyumlarni) lok-bo'yoq materiallar bilan qoplash yoki muhofaza qilish sanoat miqyosida keng qo'llanilmoqda. Lekin shuni ham ta'kidlab o'tmoq lozimki,

lok bo'yoq materiallar bilan qoplangan detallar (buyumlar) ning ko'rinishini va xususiyatlarini (uzoq vaqt) yo'qotmasligi ko'pgina omillarga bog'liq bo'ladi. Masalan, lok-bo'yoqlarni to'g'ri tanlash, tegishli qoidaga rioya qilingan holda qoplash, ularni yopishqoqlik (adgeziya) kuchining qiymatini, lok-bo'yoq materiallar bilan qoplanadigan detal (buyum) materiallarining termik kengayish koeffitsiyentini, buyumdan foydalanish sharoitini (muhit, harorat va b.) hisobga olgan holda ishlatish orqali xizmat muddatini uzaytirish mumkin.

Lok va bo'yoqlar tarkibiga ko'ra, loklar, emallar, gruntovkalar va shpatlyovkalarga bo'linadi.

**Loklar** organik eritmalarga (spirt, efir, skipidarga), asosan, smola va smolaga o'xshash mahsulotlarni qo'shish orqali tayyorlanadigan parda hosil qiluvchi materiallar. Loklar turli buyumlar (detallar) ga qoplash orqali ularni turli ta'sirlardan muofaza qilish va ko'rinishini ko'rkam qilish, turli materiallarni elektr o'tkazmaydigan qilish hamda emal bo'yoqlar tayyorlash uchun xalq xo'jaligining turli sanoat tarmoqlarida keng ishlatiladi. Loklarning asosan tabiiy (moyli) va sun'iy (xlorvinilli, bakelitli va b.) turlari bo'ladi.

**Emal bo'yoqlar** asosan turli pigmentlarni loklarga qo'shish orqali hosil qilinadi. Emallar, emal bo'yoqlar, nitroemallar (nitrocellulozali bo'yoqlar), smolali, moyli va boshqa turdagi bo'yoqlarga bo'linadi.

Bularning ichida nitroemal juda tez quriydi. Shuning uchun nitroemallar va introloklarning 507, 508, 907, 230-markalaridan yuk avtomobillarining, kabinalari, kapotlarini bo'yash uchun ishlatiladi, 660-markali qora rangdagisidan esa ramalar va transmissiyalarni bo'yashda foydalaniladi.

Nitroemal yengil mashinalarni bo'yash uchun ishlatiladi. Lekin tarkibi asosan sintetik smolalardan iborat bo'lgan loklardan hosil qilinadigan tegishli detal yoki buyumning qoplovchi pardasi kimyoviy va termik chidamliligi jihatidan ancha yuqori bo'ladi.

**Gruntovkalar** loklarga 50...70 % turli pigmentlar (xrom kislotaning tuzi, qo'rg'oshinli surik va b.) qo'shib tayyorlanadi. Ular turli metallarni korroziyadan, yog'ochlarni chirishdan muhofaza qilish uchun mo'ljallangan.

Gruntovkalarining, asosan yelimli, moyli va nitrosellulozali turlari bo‘ladi. Buyum (detal)ni shpatlyovkalashdan oldin gruntovkalanadi.

**Shpatlyovkalar.** Juda maydalangan mineral kukunlar (bo‘r, gips, ohak) ni turli moy, yelim, lok va boshqa bog‘lovchi moddalar bilan aralashtirib, ko‘rinishidagi quyuuq modda—shpatlyovkalar hosil qilinadi.

Shpatlyovka detal (buyum) sirtidagi turli yoriqlarni, teshik—kovaklarni, tirqishlarni to‘ldirib, sirtning tekis bo‘lishini ta‘minlash maqsadida ishlatiladi. Shunga ko‘ra, shpatlyovka quyuuq va suyuq holatda tayyorlanadi. Shpatlyovka bir yoki bir necha bor maxsus kurakcha—shpatel bilan surtiladi. Shpatlyovkani bevosita ishlatish oldidan tayyorlash maqsadga muvofiqdir.

Shpatlyovkalar tarkibidagi qo‘shiluvchi moddalarning miqdoriga (dozasiga) qarab har xil bo‘lishi mumkin. Masalan, yelimli shpatlyovkaning tarkibida 3 % duradgorlik yelimi, 65 % bo‘r va pigment, 30 % suv bo‘ladi. U tez qotadi. Uning yumshoq va yopishqoq bo‘lishini ta‘minlash uchun tarkibiga 2 % alifmoy qo‘shiladi.

Moyli shpatlyovkaning tarkibida 70 % bo‘r va pigment, 30 % lok bo‘lib, yelimli shpatlyovkaga qaraganda mustahkam bo‘ladi, lekin sekin quriydi.

Agar yuzalarni juda uzoq muddatga muhofaza qilish talab qilinsa, u holda, yuzalarni ko‘p qatlamli qoplamalar bilan, ya‘ni gruntovka, shpatlyovka, emal, lok qatlamlari bilan qoplash maqsadga muvofiqdir.

Leikin yuzalardagi shpatlyovka qatlamining umumiy qalinligi 2 mm dan oshmasligi kerak.

**Yelim materiallar.** Xalq xo‘jaligining turli sohalarida turli detalardan (buyumlardan) ajralmas birikmalar hosil qilish uchun yelimlash jarayonidan keng foydalaniladi. Buning uchun turli yelimlardan foydalaniladi.

**Yelimlar** — muayyan sharoitda qattiq parda hosil qilib, ulanadigan konstruksion materiallarni (buyumlar yoki detallarni) bir-biriga mahkam yopishtiradigan yopishqoq materiallardir.

Xalq xo‘jaligining turli sohalarida ishlatiladigan yelimlar, asosan, hayvon, o‘simlik va smola yelimlariga bo‘linadi.

Hayvon yelimi asosini organik moddalar, o'simlik yelimi asosini oqsillar, smola yelimi asosini esa sintetik moddalar tashkil etadi. Hayvon yelimlariga kollagen yelimlar, shuningdek, kazeinli va albuminli yelimlar, o'simlik yelimlariga soya, kanakunjut (xashaki no'xat) dan olingan yelimlar, smola yelimlariga Б-3, КБ-3-markali tenolformal deyiladi, МК-1, М-2, КМ-12, К-17-markali karbamidli (mochevina formaldegidli) hamda ЦНИИПС-2 yelimi va boshqalar kiradi.

Yelimlar qanday moddalardan tayyorlanishiga qarab, go'shtlarda, suyak, baliq, kazein, albuminli hayvonot yelimi, loviya, no'xat, kunjut, kartoshka, jo'xori, guruch kraxmallaridan olinadigan o'simlik yelimi va smolalardan tayyorlanadigan yelimlarga bo'linadi.

Faner tayyorlashda, asosan, albuminli, kazein, o'simlik yelimi dan foydalaniladi. Namga, suvga chidamli fanerlar va yelimlangan yog'ochdan qurilish konstruksiyalari tayyorlashda smola yelimi dan foydalaniladi.

Go'shtparda va suyak yelimi duradgorlik yelimi hisoblanib, ular qushxona va teri zavodlari chiqindilarini pishirish yo'li bilan tayyorlanadi.

Hozirgi vaqtda ishlab chiqariladigan yelimlar yordamida har qanday materialni shu turdagi yoki boshqa turdagi material bilan (masalan, yog'och bilan yoki metall bilan) birlashtirib turli ajralmas birikmalar hosil qilish mumkin.

Tarkibi sintetik materiallardan iborat bo'lgan yelimlarning asosiy hamda zaruriy xususiyatlari shundan iboratki, ular yordamida hosil qilingan birikmalar atmosferaga, korroziyaga va chirishga chidamlidir. Yelimlarning yana bir afzal tomoni shundaki, yelimli birikmalar har qanday ajraluvchi (boltli, shpilkali, vintli va h.) hamda ajralmas (parchinmixli, payvandlangan) birikmalarga nisbatan ancha yengil bo'ladi, tannarxi arzon, tuzilishi sodda bo'ladi.

Sintetik yelimlar, avtomobil, aviatsiya, kemasozlik, elektro va radiotexnika, yog'ochni qayta ishlash, poyabzal, poligrafiya va xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida keng ishlatilmoqda.

Yelimli birikmalar puxta chiqishi uchun: a) yelimlanadigan sirtlar silliq bo'lmasligi, ya'ni sirtlar, g'adir-budur, notekis bo'lishi kerak;

b) yelimlangan birikma yelim qurib qotgunga qadar qayta ishlanmasligi lozim; d) hosil qilingan birikmani qisqichlar orasiga olib, qurungunga qadar qo‘zatmaslik zarur.

Quyida maktablar, litseylar, kollejlar va oliy o‘quv yurtlarining o‘quv ustaxonalarida ko‘proq ishlatiladigan ba‘zi yelimlarning tarkibiy qismlari va xususiyatlari hamda yelimlash texnologiyasi haqida qisqacha ma‘lumotlar keltiriladi.

Konstraksion metallar va nometall materiallarni termoizolatsiyalarga, gazlamalarga va dekorativ qoplama materiallariga yelimlab biriktirish uchun BK–32–2, BKT–2H, 88H, ПУ–2М, АК–20, ПК–10, ХБК–20 va boshqa yelimlar ishlatiladi.

Metallmas materiallar (yog‘ochlar, shisha, plastmassalar, tekstolitalar, penoplastlar va b.) ВИАМ–В3 va ПУ–2 yelimlari bilan biriktiriladi.

Organik shishaga boshqa materiallarni yelimlash uchun В3–Ф9, BK–32–70 va ПУ–2 yelimlari ishlatiladi. Rezinalar o‘zaro va metallar bilan 88H, КП–6–18, ЧНБ, ВКР–7, КТ–15, КТ–25 yelimlari yordamida biriktiriladi.

Yelimlash jarayoni quyidagi tartibda bajarilishi kerak: a) yelimlanadigan yuzalar turli iflosliklardan tozalanishi va g‘adir–budur qilinishi lozim; b) biriktiriladigan sirtlarning bir tomoniga qo‘lda cho‘tka va pulverizator yordamida yelim surtilishi kerak; d) biriktiriladigan detallarni havoda (xona haroratida) tutib turib yelim tarkibidagi uchuvchi moddalar chiqib ketishiga imkon berish zarur; e) biriktiriladigan sirtlarni birlashtirib, qisuvchi yoki bosuvchi qurilmalar bilan qisib qo‘yish kerak; f) qisib yoki bostirib qo‘yilgan detallarni ma‘lum haroratda muayyan vaqt davomida saqlash lozim, chunki turli yelimlarning qotish harorati va muddati har xil bo‘ladi; g) biriktirilgan detallarni tozalash va birikmaning mustahkamligini tekshirish (bunda birikmay qolgan joylar yo‘ligiga e‘tibor berish) kerak va h.

**Suyak yelimi** yog‘sizlantirilgan hayvonot suyaklari va shoxlarini pishirib tayyorlanadi. Yelimlash xususiyatlariga ko‘ra go‘shtparda yelimi suyak yelimidan ustun turadi.

Go‘shtparda va suyak yelimlari qattiq plita shaklida tayyorlanadi. Plitalar tiniq, sarg‘ish yoki qoramtir rangda bo‘ladi. Toza, sifatli yelimlarning sinig‘i shisha kabi yaltiraydi.

Quruq yelimlar tolon, mayda bo'laklar va boshqa ko'rinishlarda ham tayyorlanadi.

Yelimlash sovuq (-12...-30 °C) da, issiq (+40...+70 °C) da va qaynoq (80 °C va undan yuqori) holda olib borilishi mumkin.

Buyum yoki detallarni biriktirishda, fanerlarni o'rtacha normal quyuqlikdagi yelim eritmasidan foydalaniladi. Suyuq yelim eritmasi, asosan, gruntovkalash maqsadida ishlatiladi.

Yelimlarning puxtaligini aniqlash uchun yelimlangan chok (birikma) tajriba yo'li bilan tekshiriladi. Buning uchun namligi 7–12 % bo'lgan shumtol yoki eman yog'ochidan namunalar (25x50x50 va 25x50 mm o'lchamli) olinib, tolalar yo'nalishida bir-biriga parallel qilib yelimlanadi, so'ngra namuna birikmaning yelimlangan choki iskana yordamida yorib ko'riladi. Agar bunda birikma yelimlangan joyidan ajralmasdan yog'och yorilsa yoki ko'chib chiqsa, yelimning yopishtirish xususiyati yaxshi, yelimli chok puxta deb hisoblanadi. Tajriba sharoitida esa, yelimlangan chokning puxtaligini press yordamida so'ruvchi kuchning qiymatini oshira borish yo'li bilan tekshiriladi va h.k.

Duradgorlik yelimlari nam ta'sirida puxtaligini yo'qotadi (namga chidamsiz bo'ladi). Shuning uchun nam sharoitda ishlaydigan buyumlar namga chidamli maxsus yelimlar bilan yelimlanadi.

**Albuminli yelim** hayvon qoniga ohak aralashtirish yo'li bilan olinadi. Albuminli yelim bilan yelimlanadigan birikma issiq holatda presslab yopishtiriladi. Yelimlangan joyda qoramtir chok hosil bo'ladi. Albuminli yelimlar faqat yelimlangan fanerlar uchun ishlatiladi.

**Kazeinli yelimning** asosiy tarkibiy qismini yog'i olingan sutdan tayyorlangan quruq suzma tashkil etadi. Quruq kazein yelimi 5–10 mm li qattiq donachalar ko'rinishida yoki oqish, ba'zan och sariq tusli kukun holida tayyorlanadi. Kukun (tolon holiday) kazein yelimi kazein, so'ndirilgan ohak, natriy ftorid, soda mis kuporosi va kerosin aralashmasidan iborat. Bu moddalar tegishli yelimning turli xossalariini yaxshilash uchun qo'shiladi. Masalan, mis kuporosi yelimning nam va suvga chidamliligini oshirib, chirishdan saqlaydi; kerosin esa tolonning mushtlashib qolmasligini ta'minlaydi; natriy ftorid va soda

erituvchi sifatida qoʻshiladi; soʻndirilgan ohak yelimning oʻta puxtaligini taʼminlaydi.

Sanoat miqyosida kazeinli yelimlarning “Ekstra” va oddiy navlari ishlab chiqariladi.

Kazeinli yelim besh oy muddat ichida foydalanishga yaroqlidir.

Yuqorida nomlari qayd qilingan yelimlar faqat yogʻoch materiallarni oʻzaro biriktirish uchun moʻljallangan.

Turli materiallarni bir-biriga yelimlab yopishtirish uchun esa karbinolli yelimlardan keng foydalaniladi.

**Karbinolli yelim** (МПФ–1, БК–2, Л–4 va b.) tashqi koʻrinish jihatidan rangli glitseringa oʻxshash xushboʻy, och sariq rangli, tiniq suyuqlikdir.

Material ustiga yupqa qilib surtilgan bu yelim tezda qotib, benzinda, moylarda erimaydigan, suv va kislota taʼsiriga chidamli parda hosil qiladi.

Karbinolli yelim bilan yogʻochni metallga, metallni shisha, charm, marmarga yopishtirib, mustahkam, ajralmas birikmalar hosil qilinadi.

**Glyutinli yelim.** Hozirgi vaqtda bu yelimlar oʻzlarining koʻpgina ijobiy xususiyatlari (yuqori mustahkamlikka ega boʻlgan birikmalar hosil qilishi, tayyorlanishining oddiyligi, kimyoviy inertligi, zararsizligi, tayyor yelimni saqlash juda osonligi va b.) tufayli sanoat miqyosida sintetik yelimlarni deyarli siqib chiqarmoqda.

Lekin, bunday yelimli birikmalarning uzoq qotishi yelimlarning kamchiligi hisoblanadi.

Glyutinli yelimlar tarkibidagi boshlangʻich moddalarga qarab goʻshtparda, suyak va baliq yelimlariga boʻlinadi.

**Polivinilatsetatli yelimlar** turli charm, qogʻoz, yogʻoch, mato, shisha va metallarni biriktirish uchun ishlatiladi. Ayniqsa, abraziv sanoati tarmoqlarida juda keng ishlatiladi. Polivinilatsetatli yelimlar polimerlar eritmasi (yelimi); tarkibida uchuvchi (bulgʻanuvchi) moddalar boʻlmagan yelimlar; emulsion tarkibli yelimlar kabi guruhlarga boʻlinadi. Shuni aytib oʻtish kerakki, oʻquv ustaxonalarida, turmushda, koʻpincha suv-emulsion yelimlar keng ishlatiladi, chunki bunday yelimlarning tannarxi arzon, zararsiz, yonmaydi, yelimli choklar bilinmaydi (koʻrinmaydi).

**Rezinali yelimlar**, asosan, eritmalarga kauchuk yoki rezinali aralashmalarni qoʻshib eritish orqali hosil qilinadi. Bunday yelimlar vulkanizatsiyalovchi (tabiiy kauchukning organik eritma bilan aralashmasi), issiqda vulkanizatsiyalovchi (140–150 °C harorat taʼsirida) va oʻzi vulkanizatsiyalovchi (xona haroratida) yelimlar guruhlariga boʻlinadi. Ikkinchi va uchinchi guruhlarga kiruvchi yelimlarga, asosan, sintetik smolalar qoʻshiladi. Ushbu yelimlar bilan hosil qilingan birikmalar vulkanizatsiyalovchi yelimlar yordamida olingan birikmalarga nisbatan ancha mustahkam boʻladi. 88 va 88H markali rezinali yelimlardan eng koʻp foydalaniladi. Ular, asosan, rezinali aralashmalarni va butilfenolformaldegidli smolalarni etilatsetat va benzinda eritish orqali hosil qilinadi.

Rezinali yelimlar yordamida rezinani rezina bilan, metallar, shishalar va boshqalar bilan birlashtirib, yelimli birikmalar olinadi.

Bundan tashqari, texnikaning turli sohalarida metallarni oʻzaro va nometall konstruksion materiallar bilan yelimlab birikma hosil qilish uchun tarkibi sintetik smolalar va sintetik kauchukdan iborat boʻlgan yelimlar (БФ–2, БФ–4, BC–10Т BK–32–200, BK–3, BK–4, K–153) va epoksidli yelimlar (Пр va ПБК–1, BK–7, ПУ–2, BK–5) ham keng ishlatiladi.

## 9.5. Polimer materiallar

Zamonaviy avtomobilsozlikni polimer materiallarni keng koʻlamli qoʻllanilishisiz tasavvur etib boʻlmaydi, ular avtomobillarning masasini yengillashtiradi, ularni tayyorlashga sarflanadigan ish hajmini, qimmatbaho materiallar sarfini kamaytiradi, ishonchligi va xavfsizligini oshiradi, qulayligini yaxshilaydi, raqobatbardoshligini oshiradi. Polimer materiallarni avtomobillarda qoʻllanilishi doimiy ravishda ortib bormoqda, bu holat sanoati rivojlangan mamlakatlardagi ilgʻor firmalar tomonidan odatiy va maxsus avtomobillar ishlab chiqarishda, ayniqsa, sezilarli bormoqda.

Poliuretanlar, polivinilxloridlar, polipropilenlar, polietilenlar va sof holdagi boshqa polimerlar hamda ularning aralashmalari va ulardan olinadigan shishasimon plastiklari, uglerodli plastiklar, organik



plastiklar va bazal'tli plastiklar ko'rinishidagi polimerli kompozitsion materiallar avtomobillarning kuzovlarida, tayanch tizimlarida, transmissiya qismlarida, yurish qismlarida va quvvat beruvchi qurilmalarida keng qo'llanilmoqda.

**Polimer materiallar.** Hozirgi vaqtga kelib, o'z xossalari jihatidan xilma-xil plastmassalar, yog'och materiallar va rezinalar, shu jumladan, juda puxta konstruksion materiallar, plastmassalar, yarimo'tkazgichlar, o'tkazgichlar, magnitli va boshqa plastmassalar yaratilgan.

Bu materiallar ko'p hollarda qimmat turadigan metallar o'rnida ishlatilmoqda. Texnika taraqqiyoti sanoatga plastmassalarning joriy qilinishiga ko'p darajada bog'liqdir.

Qisman yoki butkul yuqori molekular birikmalar, ya'ni polimerlardan iborat bo'lib, sun'iy ravishda tayyorlangan va muayyan harorat va bosimda plastiklik xossalari ega bo'lgan materiallar plastik massalar (plastmassalar) deyiladi.

Ko'pincha plastmassalar bir necha xil moddalardan iborat bo'ladi. Ularning tarkibiga, masalan, bog'lovchi va to'ldiruvchi moddalar, plastifikatorlar, bo'yoq moddalar va boshqalar kiradi. Ba'zi plastmassalar, masalan, organik shisha, poliamid, polietilen faqat polimerlardan iborat bo'ladi.

Murakkab tarkibli plastmassalarda bog'lovchi moddalar vazifasini polimerlar o'taydi.

Polimerlar juda ko'p-bir necha mingdan tortib, to bir necha milliongacha atomdan iborat birikmalardir. Polimerlar tabiiy va sun'iy bo'ladi. Tabiiy polimerlarga selluloza, jun, ipak, tabiiy kauchuk va boshqalar, sun'iyilariga esa organik shisha, polietilen, viskoza, kapron, naylon, sun'iy kauchuk va boshqalar kiradi.

Yuqori molekular organik birikmalar yoki ularning guruhleri ko'pincha smolalar deb ataladi.

**Polimerlarning olinishi.** Polimerlar ikki xil usul bilan: polimerlash va polikondensatlash usullari bilan olinadi.

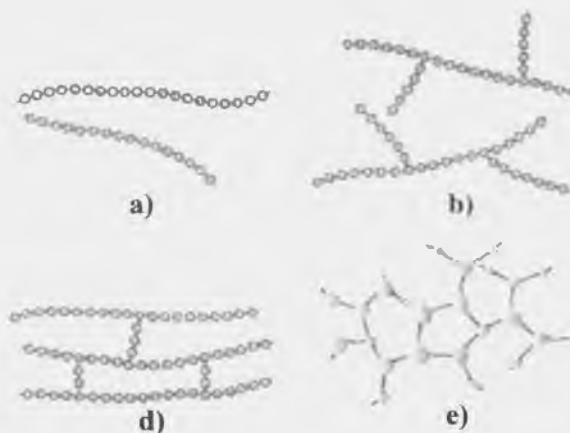
Polimerlash usulida bir xil monomerning, masalan, etilenning juda ko'pmolekulalari birin-ketin birikib, o'sha tarkibli, ammo tamomila boshqa xossali yangi modda (polietilen) hosil qildi.

Polimerlash yo'li bilan polistirol, polivinilxlorid, poliakrilat (organik shisha) va boshqa polimerlar olinadi.

Ikkita har xil monomerni birgalikda polimerlash yo'li bilan ham yangi polimer olish mumkin. Bu holda olingan yuqori molekular moddalar sopolimerlar deb ataladi. Sopolimerda ikkala monomerning xossalari mujassamlangan bo'ladi.

Polikondensatlash usulida ikki yoki undan ortiq xil monomer o'zaro kimyoviy ta'sir ettiriladi. Bunda polimer bilan bir qatorda qo'shimcha mahsulot (suv, ammiak yoki boshqa modda) ham hosil bo'ladi. Masalan, fenol bilan formaldegid qizdirilgan holda va katalizator ishtirokida o'zaro ta'sir ettirilsa, polimer-penoplast va suv hosil bo'ladi.

Makromolekularining tuzilishiga qarab polimerlar quyidagi xillariga bo'linadi: a) chiziqli; b) tarmoqlangan; d) tikilgan; e) setkasimon (9.8-rasm).



**9.8-rasm. Polimer makromolekularining tuzilishining sxematik ko'rinishi<sup>11</sup>:**

**a) chiziqli; b) tarmoqlangan; d) tikilgan; e) setkasimon**

---

<sup>11</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 558-bet

Chiziqli makromolekulalarning uzunligi ko'ndalang kesim yuzasiga nisbatan bir necha ming marta katta. Qizdirilganda yumshaydi, sovitilsa qotadi. Qayta qizdirish natijasida qayta yumshaydi. Masalan, poliamid, polietilen.

Tikilgan formalar (pog'onali, setkasimon, fazoviy) ancha mustahkam, erituvchilariga uncha erimaydigan, yumshamaydigan polimerlarga mansub.

To'rsimon uch o'lchamli formali makromolekulali polimerlar mo'rtligi va tashqi kuchlarga yuqori turg'unligi (yumshamaydi, ishmaydi) bilan xarakterli.

**Polimerlarning strukturasi va xossalari.** *Polimerlar* (yunonchada *polymeres* – ko'p qismlardan tashkil topgan, ko'p shaklli degan ma'noni beradi va undagi *poly* – ko'p va *meros* – qism, bo'lak ma'nolarini ifodalaydi) – yuqori molekular massaga ega bo'lib, ularning molekulari ko'p sonli turg'un yoki noturg'un takrorlanuvchi atomlar zanjiri guruhlaridan tashkil topgan bo'ladi.

Ko'p sonli elementar bo'laklardan (monomerlardan) tashkil topgan, bir xil kimyoviy tarkibga va strukturaga ega bo'lgan molekular *makromolekulalar* deb yuritiladi. Moddaning xossalari makromolekulalarning kimyoviy tarkibi bilangina aniqlanmasdan, ularning o'zaro joylashishi va tuzilishi bilan ham aniqlanadi. Makromolekulalarning ko'ndalang kesimi, odatda, bir necha nanometrni tashkil etadi, uzunligi esa bir necha ming nanometrga yetadi yoki bir necha mikrometrga yetishi mumkin, shuning uchun makromolekulalar yaxshi egiluvchanlikka ega bo'ladi.

**Polimerlarning sinflanishi.** Polimerlar xossalarini uning tarkibi va strukturasi bog'liqligini o'rganishni osonlashtirish maqsadida ularni turli belgilari (tarkibi, makromolekulalar shakli, fazoviy holati, qutbliligi, qizdirishga munosabati) bo'yicha sinflash mumkin. Tarkibi bo'yicha barcha polimerlar *organik, elementli organik, neorganik* turlarga bo'linadi.

Qatron va kauchuklar organik polimerlar hisoblanadilar. Elementli organik birikmalar asosiy zanjir tarkibida neorganik atomlari (*Si, Ti, Al*), organik radikallar ( $CH_3$ ,  $C_6H_5$ ,  $CH_2$ ) bilan birikmada bo'ladi. Bu radikallar polimer materialga mustahkamlik va elastiklik xossasini bersa, neorganik atomlar yuqori issiqbardoshlik xossasini beradi.

Neorganik polimerlarga silikat shisha, keramika, slyuda, asbest kabilar kiradi. Bu birikmalar tarkibida uglerodli skelet bo'lmaydi. Neorganik materiallarning asosini kremniy, aluminiy, magniy, kalsiy kabilarning oksidlari tashkil etadi.

*Plastik massalar* (plastmassalar, plastiklar) – bu tabiiy yoki sintetik polimerlar asosidagi material hisoblanadi. Ular issiqlik va bosim ostida murakkab shakldagi buyum hosil qilish va o'ziga berilgan shaklni turg'un saqlay olish xossasiga ega bo'ladi.

Plastmassalarning xossalari har bir tashkil etuvchining tarkibiga, ularning mosligi va miqdoriy nisbatiga bog'liq bo'ladi. Bu esa, plastiklarning xususiyatlarini keng ko'lamda o'zgartirish imkonini beradi.

Tashkil etuvchilarning soniga qarab barcha platmassalar *oddiy* va *murakkab* turlarga bo'linadi. *Oddiy* (polietilen, polistirol va boshqalar) plastmassalar birgina tashkil etuvchidan – sintetik smoladan iborat bo'ladi. Kompozitsionlar esa (fenoplastlar, aminoplastlar va boshqalar), bir necha tashkil etuvchidan iborat bo'ladi. Unda har bir tashkil etuvchi ma'lum bir vazifani bajarishga mo'ljallangan bo'ladi. Kompozitsion plastmassalarda smola boshqa tashkil etuvchilar uchun bog'lovchi bo'lib xizmat qiladi. Bog'lovchining xossalari plastmassaning fizik-mexanik va texnologik xossalarini belgilab beradi. Bog'lovchining plastmassa tarkibidagi miqdori 30–70% ga yetadi.

Bog'lovchidan tashqari kompozitsion plastmassalar tarkibiga quyidagilar kirishi mumkin:

1) mexanik xossalarini, issiqbardoshligini oshiruvchi, cho'kishni kamaytiruvchi va kompozitsiya tannarxini pastlatuvchi *to'ldiruvchilar* (yog'och uni, selluloza, paxta-tolali mato, qog'oz, yog'och qipig'i, grafit, asbest, kvarts, shisha-tolasi, shisha matosi va boshqalar);

2) elastiklikni, oquvchanlikni, bikrlikni oshiruvchi va plastmassaning mo'rtligini kamaytiruvchi *plastifikatorlar* (dibutilftalat, kastrovo moyi va boshqalar);

3) oquvchanlikni oshiruvchi, kompozitsiya zarrachalari orasidagi ishqalanishni kamaytiruvchi, press-formaning shakl hosil qiluvchi yuzalariga yopishib qolishidan saqlovchi *moylovchi materiallari* (stearin, olein kislotasi va boshqalar);

4) materialning qotish jarayonini tezlashtiruvchi *katalizatorlar* (ohak, magneziiy va boshqalar);

5) tayyorlanayotgan detallarga kerakli rang beruvchi *bo'yoqlar* (surik, nigrozii va boshqalar);

6) qizish natijasida parchalanib gazga o'xshash mahsulotlar ajratuvchi *gaz hosil qiluvchi* moddalar (gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar tayyorlash uchun).

Bog'lovchisining xususiyatiga ko'ra plastmassalar termoplastik polimerlar asosi olinadigan termoplastik (*termoplastlar*) va termoreaktiv qatronlar asosida olinadigan termoreaktiv (*reaktoplastlar*) plastmassalarga bo'linadi.

Termoplastlar buyum hosil qilish uchun ishlov berishga qulay bo'lib, shakllantirishda sezilarli bo'lmagan (1–3%) cho'kishga ega. Material yuqori elastikligi va kichik mo'rtligi bilan ajralib turadi. Odatda termoplastlar to'ldiruvchilarsiz tayyorlanadi. Ammo oxirgi yillarda mineral va sintetik ko'rinisdagi to'ldiruvchili (*organoplastlar*) termoplastlar qo'llanila boshladi.

Qotgandan va bog'lovchisi termoturg'un holatga o'tgandan keyin *reaktoplastlar* mo'rtlashib qoladi va ko'pincha ularga ishlov berish chog'ida cho'kish darajasi ancha katta (10–15%) bo'ladi.

Plastmassalarning o'ziga xos tomonlariga zichligining kamligi, past issiqlik o'tkazuvchanligi, sezilarli darajada issiqlikdan kengayishi (po'latga nisbatan o'n-o'ttiz marta ko'p), elektr izolatsiyalovchi xossasining yaxshiligi, kimyoviy turg'unligining yuqoriligi, friksion va antifriksion xossalarning yaxshiligi, chiqindi miqdorining kamligi.

Plastmassalarning kamchiligiga issiqbardoshligining pastligi (termoplastlarni ishlatish mumkin bo'lgan maksimal temperaturasi – 250<sup>0</sup> gacha, termoreaktiv plastmassalarniki esa – 400<sup>0</sup> gacha), metall va qotishmalarga nisbatan elastiklik modulining kichikligi va zarbiy qovushoqligining pastligi, eskirishga moyilligi yoki boshqacha aytganda vaqt o'tishi bilan xossalarning o'zgarib ketishi kabilarni misol keltirish mumkin.

**Polimer matritsasining turi bo'yicha.** Polimerlar reaktoplast, termoplast va elastik kompozitsion materiallarga bo'linadi. Ishlab

chiqarishni tashkil etish uchun ushbu ko'rsatkich polimerlardan buyumlar ishlab chiqarish texnologiyasini va ularni qayta quyish imkoniyatini belgilab beradi, ulardan foydalanish sohasi uchun esa sovuq holda oquvchanlik va ko'p hollarda issiqbardoshligini ifodalaydi. Polimerlar qotishining temperatura rejimiga qarab sovuq va issiq holda qotuvchi (uy temperaturasida yoki yuqori temperaturalarda qattiq holga o'tuvchi) turlarga bo'linadi. Shu bilan birga matritsasi boshida chiziqli strukturaga ega bo'luvchi termoplastik kompozitsion materiallar qovushoq – oquvchan holatga o'ta olish xususiyati bo'yicha suyuqlanuvchi, qiyin eruvchi va erimaydigan turlarga bo'linadi.

**Polimerlar matritsasining deformatsiyalanish xususiyatiga qarab qovushoq-bikr va elastik kompozitlarga sinflanadi.** Elastik kompozitlarga kauchuk va rezinalarni misol keltirish mumkin.

**Puxtalovchi elementlarining shakli bo'yicha** qatlamli va tolali turlarga bo'linadi. Ularni xalq xo'jaligida armaturalar deb yuritiladi. Xususan, tekstolitlarning qatlamli puxtalanishi matolar, lentalar va mato bo'lmagan materiallar yordamida amalga oshiriladi. Plyonkasimon puxtalangan materiallar esa qog'ozlar, shponlar, plyonkalar yordamida olinadi. Tolasimon PKMlar elementar uzluksiz ingichka tolalar, iplar, arg'amchilar va bu tolalarning mayda bo'laklari yordamida olinishi mumkin.

**Polimerlar yuqoridagilardan tashqari matritsasi va puxtalovchisining kimyoviy kelib chiqishiga qarab ham sinflanadi.** Shunga ko'ra uni tashkil etuvchisining nomi bilan atalishi mumkin. Masalan, matritsasining nomiga qarab: fenoplastlar, epoksiplastlar, imidoplastlar yoki poliefirlilar, poliamidlar, kremniyorganik va h.k. Tola hosil qiluvchi material bo'yicha mos ravishda: optoplastik, ugleplastik, organoplastik, bazal'toplastik va shunga o'xshash boshqa plimerli kompozitsion materiallarga bo'linadi. Tabiiyki, ikkala belgisi bo'yicha nomlash PKM haqida ancha to'laroq tasavvur beradi: epokistekloplastiklar, fenogleplastiklar, imidobazal'toplastiklar, hamda polimerlar to'la yoyilgan holda nomlanishi ham mumkin: poliamidli organoplastiklar, poliefirli stekloplastiklar va h.k.

**Polimerlarning qovushoqlik va teplofizik xossalari.** Fazoviy holatiga ko'ra polimerlar amorf va kristall turlarga bo'linadi. Amorf polimerlar bir fazali va bog'lamlarga jamlangan zanjirsimon molekulalardan iborat bo'ladi. Bog'lam bir-biri bilan yonmayon joylashgan ko'plab makromolekulalar qatoridan tashkil topadi. Bog'lam qo'shni elementlarga nisbatan siljish qobiliyatiga ega bo'ladi. Chunki ular alohida struktura elementlari hisoblanadi.

Kristall struktura hosil qilingan holatda qo'shni zanjirning atomlari, ma'lum fazoviy panjara hosil qilgan holda, uch o'ldamli tartibda to'g'ri joylashgan bo'ladi. Polimerning kristall holdagi qismi amorf qism bilan almashib turadi. Shuning uchun polimerlarning kristallanish darajasi, metallardan farqli o'laroq, hech qachon 100% ga yetmaydi. Kristallanish polimerlarga katta bikrlilik va qattqlik, hamda issiqbardoshlik beradi. Uzoq vaqt saqlash, ishlatish va qayta ishlash natijasida polimerning molekular strukturasi o'zgarib ketishi mumkin.

Qutbliligi bo'yicha polimerlar qutbli va qutbsiz turlarga bo'linadi. Qutblilik musbat va manfiy zaryadlar joylashish markazlariga bo'lingan maydonlarning mavjudligi bilan aniqlanadi.

Bikr, issiqbardosh, mustahkam ( $\sigma_v = 100\text{--}200$  MPa), ammo qutbsizlarga nisbatan sovuqqa chidamsiz bo'ladi.

Issiqlik ta'sirida o'zini tutishiga qarab barcha polimerlar *termoplastik* va *termoreaktiv* turlarga bo'linadi.

Termoplastik polimerlar issiqlik tasirida yumshaydi, hatto suyuqlanadi ham, sovutishda esa, qotadi; bu jarayon qaytariluvchi xususiyatga ega bo'ladi. Bunday polimerlar makromolekulalarining strukturasi chiziqli yoki tarmoqlangan bo'ladi.

Termoreaktiv polimerlar birinchi bor hosil bo'lish bosqichida chiziqli strukturaga ega bo'ladi va uni qizdirish natijasida yumshaydi, keyin kimyoviy reaksiya natijasida qotadi (fazoviy struktura hosil qiladi) va keyinchalik doimiy qattiq holga o'tadi.

**Polimerlarning mexanik xossalari.** Plastmassalarning mexanik xossalari ularning strukturasi bog'liq bo'lmasdan fizik holatiga va temperaturasi ham bog'liq bo'ladi. Plastmassalar uch fizik holatda bo'lishi mumkin: *shishaga o'xshash*, *yuqori-elastik* va *qovushoq-oquvchan* holatlarda.

*Shishaga o'xshash holatda* (qattiq yoki amorf) molekulalar zanjirini hosil qiluvchi atomlar turg'un holat atrofida tebranma harakat qiladi; zvenolar harakati va makromolekulalarning siljishi kuzatilmaydi.

Yuqori-elastik holatda material, zvenolarining tebranishi va makromolekulalarining egilish qobiliyatiga ega bo'lib qolishi natijasida, ko'p bo'lmagan qizdirish natijasida qaytar katta shakl o'zgartirish xususiyati bilan tavsiflanadi.

Materialning *qovushoq-oquvchan holati* suyuq holatga o'xshab ketadi, ammo barcha makromolekulalarining harakatchanligi hisobiga, yuqori qovushoqligi bilan farqlanadi.

Konstruksion plastmassalar mexanik mustahkamlik ko'rsatkichlari bo'yicha uchta asosiy guruhga bo'linadi: *past, o'rtacha va yuqori mustahkamlik*.

Plastmassalarning asosiy texnologik xossalari bo'lib: *oquvchanlik, cho'kish, qotish tezligi* (reaktoplastlar) va *termoturg'unlik* (termoplastlar) kabi ko'rsatkichlari hisoblanadi.

Oquvchanlik — bu materialni unga berilgan shaklni, ma'lum temperatura va bosimda, to'ldira olish qobiliyati bo'lib, u material tarkibidagi to'ldiruvchi, plastifikator, moylovchi materialining turi va miqdoriga bog'liq bo'ladi. Shu bilan birga press-formaning konstruktiv o'ziga xosligiga ham bog'liq bo'ladi. To'ldiruvchisiz termoplastlar uchun oquvchanlik ko'rsatkichi sifatida «*suyuqlanish indeksi*» deb nomlanuvchi va ma'lum temperatura va bosimda diametri 2,095 mmli soplodan vaqt birligi ichida siqib chiqariladigan material miqdori qabul qilingan.

*Cho'kish* tushunchasi orqali press-forma ichki yuzasi o'lchamlariga nisbatan detal o'lchamining absolyut yoki nisbiy kamayishi tushuniladi. Absolyut kattalikdagi cho'kish miqdorining katta qismini press-forma va detal materiallari temperatura koeffitsiyentlari orasidagi farq tashkil etadi. Cho'kish miqdori bog'lovchi smolaning fizik-kimyoviy xossalriga, to'ldiruvchining miqdori va tabiatiga, unda namlik va uchuvchi moddalar bor-yo'qligiga, ishlov berishning temperatura rejimiga va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Cho'kishni press-formani loyihalayotganda hisobga olish kerak.



Reaktoplastlarning yuqori-elastik yoki qovushoq-oquvchan holtdan to'la polimerlanish holatiga o'tish jarayoni *qotish tezligi* bilan aniqlanadi. Qotish tezligi (polimerlanish) bog'lovchining (termoreaktiv smolalar) xossalriga va ishlov berish temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Qotish tezligining pastligi materialni bosim ostida press-formada ushlab turish vaqtini oshirib yuboradi va jara-yonning ish unumini pastlatib yuboradi. Qotish tezligining ortiqcha kattaligi materialni kutilgan vaqtdan avval press-formaning o'zida polimerlanishiga olib keladi, natijada qolip ichidagi bo'shliqning ba'zi joylar quyilayotgan material bilan to'lmay qolishi mumkin.

Termoturg'unlik ostida shunday vaqt tushuniladiki, bu davr mo-baynida termoplast parchalanmasdan ma'lum temperaturaga bardosh beradi. Yuqori termo turg'unlikka polietilen, polipropilen, polistirol kabilar ega bo'ladi. Detal olish uchun ularga ishlov berish nisbatan sodda. Past termoturg'unlikka ega materiallar (poliformaldegid, polivinilxlorid va boshqalar) uchun ularga ishlov berish jarayoni-da parchalanib ketishini oldini olish choralarini ko'rib olish kerak bo'ladi. Masalan, qoliplar kesimini, diametrini oshirish va shu kabilar.

**Polimer materiallarga termik ishlov berish.** Polimer material-lardan tayyorlangan buyumlarning xossalari sezilarli darajada ular-ni tayyorlash yoki materialni qayta ishlash texnologiyasiga bog'liq bo'ladi. Xuddi shunday bog'liqlik metall buyumlarni tayyorlashda ham kuzatiladi, ammo qayta ishlash rejimining polimer materiallar xossalriga ta'sir etishi, tuzilishi va molekulalararo struktura o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan, o'ziga xoslikka ega.

Termoplastdan tayyorlangan detallarning sifati polimerning makromolekulalar va molekulalararo strukturaviy xossalari bilan aniqlanadi. Bu xossalar materialni detalga aylantirish jarayonida hosil qilinadi va texnologik rejim ko'rsatkichlariga bog'liq bo'ladi. Bu polikaproamid quymasini tayyorlash misolida yaxshi ko'rinadi. Quymaning temperaturasini 220 dan 265°C gacha ko'tarish uning molekular massasini 29600 dan 16800 gacha kamayishiga olib keladi. Quyma temperaturasining ortishi bilan termoplastlarning (polietilen, polipropilen) mexanik xossalari ifodalovchi: mustahkamlik, elastiklik moduli, nisbiy cho'zilishi kabi asosiy xususiyatlari sezilarli darajada

pasayadi. Polimerdan bosim ostida quyib tayyorlangan detallarning xossalari bosimning qiymatiga ham bog'liq bo'ladi.

**Polimerlarga termik ishlov berishning asosiy turlari.** Polimer materiallarga termik ishlov berish polimerlarni qayta ishlashning muxim texnologik jarayonlaridan biri hisoblanadi. Hatto plastmassalardan tayyorlangan buyumlarga yuqori mustahkamlik yoki yeyilishga chidamlilik kabi talablar qo'yilmagan hollarda ham har qanday detal tayyorlashda ham yuzaga kelishi mumkin bo'lgan ichki kuchlanishlarni bartaraf etish uchun ham ularga termik ishlov beriladi. Kristallanuvchi termoplastik polimer materiallarga ratsional rejimlarda termik ishlov berish yo'li bilan ularning zichligini, qattiqligini, molekular massasini, cho'zilish va siqilishdagi mustahkamlik chegarasini, zarbiy qovushoqligini, yeyilishga chidamliligini oshirishga va foydalanish jarayonida detallar o'lchamining turg'unligini ta'minlashga erishiladi.

Termik ishlov berishning samaradorligi polimerlardan buyumlar olish jarayoni barcha bosqichlaridagi temperatura rejimlariga bog'liq bo'ladi. Metallar kabi polimerlar uchun ham to'rt xil termik ishlov berish turi qo'llaniladi: toblash, yumshatish, normallashtirish va bo'shatish. Qisqa qilib aytganda polimerlarga termik ishlov berish – bu, kerakli xossalarni olish maqsadida amalga oshiriladigan, detalni ma'lum temperaturagacha qizdirish, shu temperaturada ushlab turish va sovutishdan iborat jarayondir.

Kompozitsion materiallar ichida sintetik polimerli kompozitsion materiallar bosh o'rinni egallaydi. Polimerli kompozitsion materiallar (PKM) quyidagi ko'rsatkichlari bilan ifodalanadi:

- sun'iy kelib chiqishi;
- material tarkibida kimyoviy tarkibi bo'yicha ikkitadan kam bo'lmagan va aniq chegaralari bilan bir-biridan ajralib turadigan tashkil etuvchilardan iboratligi;
- tashkil etuvchilar o'zining hajmiy ko'rinishi bilan kompozitsiya hosil qilishi;
- kompozitsiya har bir tashkil etuvchisiga tegishli bo'lmagan yangi xossalarga ham ega bo'lishi kabi ko'rsatkichlari bilan.

Polimerli kompozitsion materiallarning ko'plab turli-tuman tarkiblari ichida minimum ikkita alohida fazalari bo'ladi – matritsasi va puxtalovchi (armatura) elementi, undan tashqari oraliq (fazalararo) qatlam (element) ham bo'lishi mumkin.

Matritsa tushunchasida uzluksiz fazoviy fazasi tushuniladi va u buyumning shaklini saqlovchi, ta'sir etuvchi kuchlanishni puxtalovchi elementga uzatib beruvchi, boshqa turdagi tashqi omillarga qarshilik ko'rsatuvchi sifatida namoyon bo'ladi. Ba'zida matritsa bog'lovchi vazifasida ham namoyon bo'ladi. Bog'lovchi ancha keng ma'noga ega bo'lib, matritsa faqat qattiq (tayyor) PKM lar uchun tegishli xolos. Matritsa fazasini ifodalovchi ko'rsatkich bo'lib g'ovaklik, germetiklik, tashqi muhit (namlik, benzin, moylar, kislotalar va boshqalar) ta'siriga chidamlilik, qoldiq kuchlanish, puxtalovchi bilan o'zaro bog'lanish mustahkamligi, mexanik xossalari, yemirilishdagi qovushoqligi kabilar kiradi.

Bog'lovchi tushunchasi texnologik ma'noni ifodalaydi. Shuning uchun bog'lovchi matritsadan farqli o'laroq polimer fazasining yashovchanligini, qovushoqligini, ho'llash qobiliyatini, adgeziyasini, texnologiyabopligini, yod qo'shimchalarning mavjudligini, cho'kishini, ekologiyabopligini ifodalaydi.

Puxtalovchi (armatura) fazasi donador zarrachalar, uzluksiz tolasimon puxtalovchi elementlar, listlar, qatlamlar ko'rinishida bo'lishi mumkin. PKM larda ko'pincha tolasimon puxtalovchi elementlardan foydalaniladi. Ular elementar tola, iplar to'plami, bog'lamlar, chiviqlar, arg'amchilar, lentalar, turli usulda to'qilgan matolar, turli o'lcham va zichlikdagi setkalar, fazoviy xaotik (erkin) joylashgan mayda tolalar va boshqa ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.

Oraliq (fazalararo) qatlam (faza) matritsadan farq qiladi va matritsani puxtalovchi element bilan to'g'ri birikishini ta'minlash va kerakli hajmni egallash uchun xizmat qiladi.

### **Sinov savollari:**

1. Shisha qanday materialdan olinadi?
2. Shishalar strukturasi qara b necha turga bo'linadi?
3. Shisha singanda parchalanib ketmasligi uchun qanday qo'shimchalar qo'shish talab etiladi?
4. Lok bo'yoq materiallarining qo'llanilishi va xossalarini izohlab bering.
5. Rezina materiallari va ularning xossalarini tushuntirib bering.
6. Yog'ochlar va ularning xossalarini ta'riflab bering.
7. Polimerlar tuzilishi, strukturasi va bularni xossalariga bog'liqligi.
8. Polimerlarning fizik-mexanik xossalari.

## 10-HOB. DIELEKTRIKLAR, YARIMO‘TKAZGICHLAR VA O‘TKAZGICHLAR

Materiallar elektr xossalari bo‘yicha 3 turga bo‘linadi: o‘tkazuvchilar, yarimo‘tkazgichlar, dielektriklar.

O‘tkazgichlarning nisbiy elektrik qarshiligi  $10^{-8}$ - $10^5$  Om\*m bo‘ladi va harorat ko‘tarilishi bilan u ham ortadi.

Yarimo‘tkazgichlarniki  $10^{-5}$ - $10^{-8}$  Om\*m bo‘ladi va harorat ko‘tarilishi bilan u kamayadi. Bular tokni to‘g‘rilash, elektr signal-larini ko‘paytirish, har xil turdagi energiyalarni elektr energiyasiga aylantirish uchun ishlatiladi.

Dielektriklarning nisbiy elektr qarshiligi  $10^{-8}$ - $10^{-16}$  Om\*m ga teng. Bular izolator sifatida ishlatiladi. Metallar qancha toza bo‘lsa (qo‘shimchalar bo‘lmasa yoki kam bo‘lsa) shuncha ularning o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘ladi.

Oksidlanmaydigan o‘tkazgichlar, yuqori va o‘ta yuqori chastotali asboblarning kontaktlari va pechatli mikrosxemalar uchun kumush ishlatiladi. Kumush havoda oksidlanmaydi. Lozim bo‘lganda mis, latun va tok o‘tkazmaydigan materiallar (keramika, oyna, kvars, poli-mer) ustiga maxsus usul bilan kumush qoplama beriladi. Ba’zi hol-larda kumush oltin bilan almashtiriladi.

Mis amaliyotda juda keng ishlatiladi. U yuqori o‘tkazish qobiliya-tiga ega, mexanik xossalari yaxshi, arzon. Induksiya usulida vakuum-da olingan (kislorodsiz) mis yuqori o‘tkazgichlik va plastiklik qobili-yatiga ega..

Mexanik xossalari yuqori bo‘lishligi talab qilingan mahsulotlar uchun latunlar, kadmiyli va berilliyli bronzalar ishlatiladi.

Kadmiyli bronzadan “trolley”lar, sirpanuvchi kontaktlar, mem-branalar yasaladi. Latunlardan har xil tok o‘tkazuvchan detallar yasa-ladi.

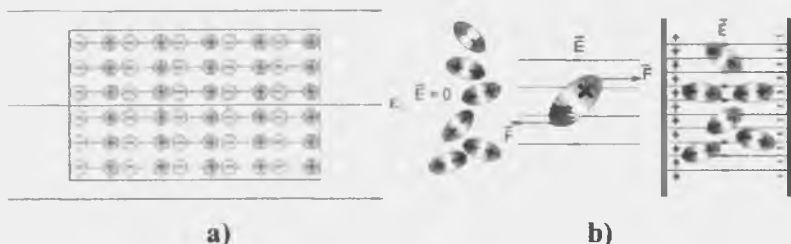
### 10.1. Dielektriklar

Dielektrik moddalar deb shunday moddalarga aytiladiki, bularda valentli zona o‘tkazish zonasida keng man etilgan energiya bilan ajra-tilgan. Dielektriklar qattiq (keramika, polimerlar, shisha); suyuq (ben-

zol, toluol, vodorod, kislorod, argon) holatda bo'ladi. Bularda erkin elektronlar bo'lmaydi, bog'lanish – valentli yoki kovalentli bo'ladi. Dielektriklar izolatorlar vazifasini bajaruchi tok o'tkazmaydigan materiallar: nisbiy elektr qarshilik  $\rho=10^{12}-10^{20}\text{Om}\cdot\text{m}$ .

Qattiq dielektrlarda qutblanish har xil bo'ladi, lekin hammasining yig'indisi  $E$  ning kattaligini-qiyamatini ifodalaydi. Kondensatorli dielektrlarda  $E$  katta maydonda o'zgaradi ( $E=(12-15)\cdot 100000$ ). Qutblanishning eng asosiy turlari: elektronli, ionli, dipol-relaksatsiyali va o'z-o'zidan, ionli qutblanish qoplamalarining elastik surilishi hisobiga bo'ladi. Surilish masofasi ionlar orasidagi masofadan kam bo'ladi. Manfiy ionlar musbat elektrod tomonga, musbat ionlar manfiy elektrod tomonga suriladi. Ionli qutblanish davri juda kam  $t=10^{-13}\text{s}$ . Dipol-relaksatsionli qutblanish qutbli dielektrlarda namoyon bo'ladi.

**Qutbli va qutbsiz dielektriklar.** Dielektriklar, asosan, qutbli va qutbsiz turlarga bo'linadi. Istalgan moddaning molekulari zarrachalardan (atom yoki guruhlari, ionlardan) iborat bo'lib, ularning har biri musbat yoki manfiy elektr zaryadiga egadir. Bu zaryadlar orasidagi o'zaro tortishish kuchi jismning mexanik mustahkamligini ifodalaydi. Turli xil moddalarning molekularidagi zaryadlarning fazoviy joylashuvi har xil bo'lishi mumkin. Agar molekularning barcha musbat yoki manfiy zaryadlarini bitta umumiy manfiy va bitta umumiy musbat zaryad bilan almashtirsak, mos ravishda musbat va manfiy zaryadlarining og'irlik markazlarida joylashgan mazkur zaryadlar fazoda bir-biriga mos tushishi yoki mos tushmasligi mumkin (10.1-rasm).



10.1-rasm. Qutbli va qutbsiz dielektrik molekularining joylashishi.

I azoʻviy bir-biriga mos tushgan zaryadlar qutbsiz molekulaga ega boʻlgani sababli, bunday molekulalardan tashkil topgan jismlar qutbsiz jismlar deyiladi. Ikkinchi holda molekula tashqi elektr maydoni taʼsir etmagan holatda ham oʻz elektr momenti noldan farqli boʻlib, dipol hosil qilgani sababli, molekula qutbli hisoblanadi va ular asosida tashkil topgan jismlar qutbli jismlar deb ataladi.

Molekulaning elektr momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = ql, \text{ Kl}\cdot\text{m} \quad (10.1)$$

bunda,  $q$ -molekulaning jami musbat (yoki unga son jihatdan teng boʻlgan jami manfiy) elektr zaryadi,  $Kl$ ;  $l$  – dipol yelkasi,  $m$ .<sup>12</sup>

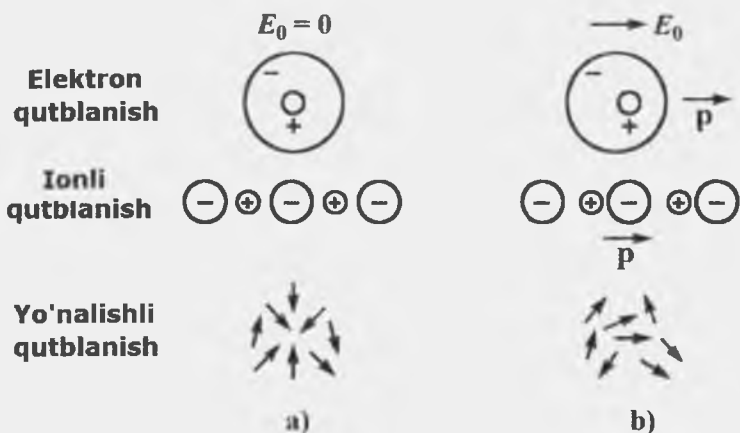
Qutbli molekulaning elektr momenti  $10^{-30}$  Kl·m atrofida, qutbsiz molekulani esa  $l=0$  boʻlgani sababli  $m=0$  boʻladi.

Jismning elektr xossasidan qatʼi nazar, uning qutbliligi molekulaning kimyoviy tuzilishi orqali aniqlanadi. Simmetriya markazi boʻlganda, simmetrik ravishda joylashgan molekulalar qutbli boʻladi. Bir atomli molekulalar (*He, Ne, Kr; Xe*) va ikki atomli gomeo qutbli bogʻlanishli (*H, , Cl*, va hokazo) molekulalar qutbsizdir. Ion bogʻlanishli molekulalar qutbli boglanishlar qatoriga kiradi uglevodorodli moddalari esa qutbsizdir. Masalan, qutbsiz bogʻlanishli moddalarga parafin, serezin, polipropilen, poliizobutilen, polistirol, eskapon, neftli izolatsiya moyi va hokazolar, qutblilariga esa polivinilflorid, selluloza va uning mahsulotlari fenolformaldegid va boshqalar kiradi.

**Dielektrik qutblanishning asosiy turlari.** Dielektrikda kuzatiladigan qutblanish asosan ikki turga: elektr maydoni taʼsirida juda tez sodir boʻladigan (elektronion) va sekin oʻsib hamda sekin pasayadigan (relaksatsiya) qutblanishlariga boʻlinadi. Birinchi turdagi qutblanish juda tez oʻtishi natijasida dielektrikda elektr energiyasi sarflanmaydi, ikkinchi turdakisida esa qutblanish asta-sekin sodir boʻlib, dielektrik qizishi natijasida energiya sarflanadi.<sup>13</sup>

<sup>1</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 47-bet

<sup>13</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed., p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2007. 45-bet.



10.2-rasm. Dielektrikda kuzatiladigan qutblanishlar.

Kondensator sig'imi va kondensatorlarda yig'ilgan zaryad dielektrikda sodir bo'ladigan qutblanish jarayonlarini o'zida aks ettiradi (10.2-rasm). *Elektron qutblanish* ( $q_v$ ,  $C_p$ ) atom yoki ionlar elektron qobig'ining siljishi va ezilishi hisobiga sodir bo'lib, bu turdagi qutblanish katta tezlikda ( $10^{-15}$ sek.) kechadi va qiymat jihatidan yorug'likning sindirish ko'rsatkichi kvadratiga ( $n^2$ ) tengdir. Bunda qutblanish barcha dielektrlarda kuzatilib, ularning atomlaridagi elektronlar musbat elektrod tomon siljiydi. Qutbli bo'lmagan suyuq holatdagi va qattiq dielektrlarda qutblanish sust kechib,  $\epsilon_r$  qiymati 2,2,5 atrofida bo'ladi. Elektron qutblanishda elektr siljish ( $D$ ) maydon kuchlanganligi ( $E$ )ga mos ravishda o'zgaradi, shuning uchun ham  $\epsilon_r$  kuchlanganlikka bog'liq bo'lmaydi. Jism qattiq holatdan suyuq holatga o'tganida zichligi kamayadi, natijada qutblanish ham sekin susayadi. Elektron qutblanishda elektr energiyasi sarf bo'lmaydi. Bunday qutblanish neft moylarida (oktol), qattiq moddalar parafin, polistiroil, polietilen va boshqalarda kuzatiladi.

*Ionli qutblanish* ( $C_i$ ,  $q_i$ ) kristall panjarali qattiq jismlarda bo'sh bog'langan ionlar siljishi natijasida ro'y beradi. Ionli qutblanish elektron qutblanishga nisbatan kuchliroq kechadi va  $\epsilon_r$  ning qiymati 5,30 oralig'ida bo'ladi. Ion o'lcham jihatidan elektrondan katta bo'lib, qutblanish tezligi esa, aksincha, past bo'ladi ( $t \gg 10^{-3}$ c).

Bunda  $\epsilon_r$  qiymati chastotaga bog'liq emas. Ion qutblanishida elektr siljish maydon kuchlanganligi  $E$  ga,  $\epsilon_r$  qiymati esa mazkur kuchlanganlikka bog'liq bo'lmaydi. Harorat ko'tarilishi bilan kristall panjaradagi ionlar orasidagi masofa ortadi. Natijada oraliqdagi tortishish-kuchi pasayadi va ion qutblanishi kuchayadi, ya'ni ionli dielektriklarda masalan, slyuda, ba'zi turdagi sopollarda  $\epsilon_r$  qiymati o'sib boradi.

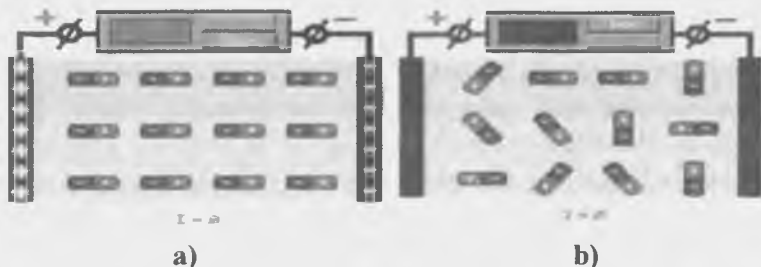
Ion qutblanishida energiya isrofi kuzatilmaydi, chunki qutblanishga sarflanadigan energiya manbaga to'liq uzatiladi. Faqat yuqori chastotada ionlarning rezonansi hisobiga materiallarda elektr energiya isrofi kuzatiladi.

*Dipol-relaksatsiya qutblanishi* ( $C_{D,R}$ ,  $q_{D,R}$ ,  $r_{D,R}$ ) betartib issiqlik harakatida bo'lgan zarrachalar (dipol molekulari) elektr maydoni ta'sirida o'z yo'nalishini o'gartirishi hisobiga ro'y beradi. Agar molekular, kuchlar dipollarning maydon uzra yo'nalish olishiga xalal bermasa, u holda dipol qutblanishi sodir bo'ladi. Qutbli dielektriklardagi dipol molekularining musbat va manfiy zaryadlarining og'irlik markazlari bir-biriga mos kelmay, balki molekula chekkasiga siljigan holda elektr momenti hosil qiladi. Elektr maydonida uning manfiy chekka qismi musbat qoplamaga, musbat qismi esa manfiy qoplamaga tomon burilishga intiladi. Dipol mazkur burilishda ma'lum qarshilikka ( $r_{D,R}$ ) uchraydi va uni yengish uchun energiya sarf etadi. Dipol qutblanish ancha sekin ( $t=10^{-6}, 10^{-8}$ s) kechishi sababli radio to'liqinida ( $10^6, 10^8$  Gs) maydon o'zgarishi qutblanish vaqtiga yaqinlashib qoladi; oqibatda yuqori chastotada dipol molekularlar maydon yo'nalishining o'zgarishiga ulgurolmay qoladi va qutblanish susayib,  $\epsilon_r$  qiymati pasayadi. Dipol qutblanish qutbli gazlar, suyuqliklar va ba'zi organik qattiq moddalarga xosdir. Kuchlanganlik uzilgandan so'ng dipolning issiqlik harakati ta'sirida tartibli susayishi vaqti (eksponensial o'zgaradigan  $e=2,71$ ) *relaksatsiya vaqti* deb ataladi<sup>14</sup>. Qutbli dielektrikda  $\epsilon_r$  qiymatining haroratga qarab o'zgarishi, past haroratda jism qovushqoqligi yuqoriligi tufayli dipollar harakatsiz va  $\epsilon = \epsilon_0$  ga teng bo'ladi; material qizdirilsa, u yumshab ichki ishqalanish susayishi natijasida dipol burilishi yengillashadi va  $\epsilon_r$  qiymati ortadi; yuqori

<sup>14</sup> Bijay\_Kumar Sharma., Electrical and Electronic Materials Science./ - OpenStaxCNX, Indiya - 2014, 31-bet.



haroratda esa dipolning aniq yoʻnalish olishiga zarralarning betartib issiqlik harakatining ortishi xalal beradi va oʻz navbatida  $\epsilon_r$  qiymati kamayadi (10.3-rasm).



**10.3-rasm. Relaksatsion qutblanish.**

*Ion-relaksatsiya qutblanishi* ( $C_{ir}$ ,  $q_{ir}$ ,  $r_{ir}$ ) baʼzi anorganik moddalarda kuzatiladi. Bunda moddaning oʻzaro boʻsh bogʻlangan ionlari tashqi elektr maydon taʼsirida aniq yoʻnalish oladi. Agar elektr maydon olinsa, qutblanish eksponensial qonun boʻyicha pasayadi.<sup>15</sup>

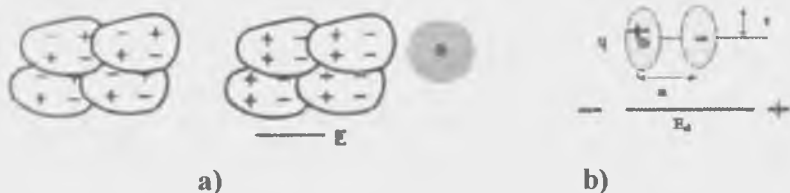
*Elektron-relaksatsiya qutblanish* ( $C_{er}$ ,  $q_{er}$ ,  $r_{er}$ ) sindirish koʻrsatkichi yuqori va katta ichki maydonga ega boʻlgan dielektriklar uchun xos boʻlib, qoʻshimcha elektron yoki teshiklarni issiqlik energiyasi bilan taʼsirlantirish orqali yuzaga keladi. Bu turdagi qutblanish asosi metall oksidi boʻlgan baʼzi kimyoviy birikmalar (titan, niobiy, vismut) ga xosdir. Tarkibida titan boʻlgan elektron-relaksatsiya qutblanishli sopolda elektr maydon chastotasi ortishi bilan dielektrik singdiruvchanlik kamayadi (10.4-rasm).



**10.4-rasm. Ion-relaksatsion qutblanish.**

<sup>15</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009.49-bet

*Migratsion qutblanish*( $C_M, q_M, r_M$ ) tarkibi bir jinsli bo'lgan qattiq jismlarda qutblanishning qo'shimcha mexanizmi sifatida ro'y beradi. U past chastotada yuzaga keladi va elektr energiyasi ko'p miqdorda sarflanishi bilan xarakterlanadi (10.5-rasm). Bunday qutblanishni keltirib chiqaradigan omillar texnik dielektrlardagi o'tkazuvchi va yarimo'tkazuvchi qismlar hamda o'tkazuvchanligi turlicha bo'lgan qatlamlardir.<sup>16</sup>

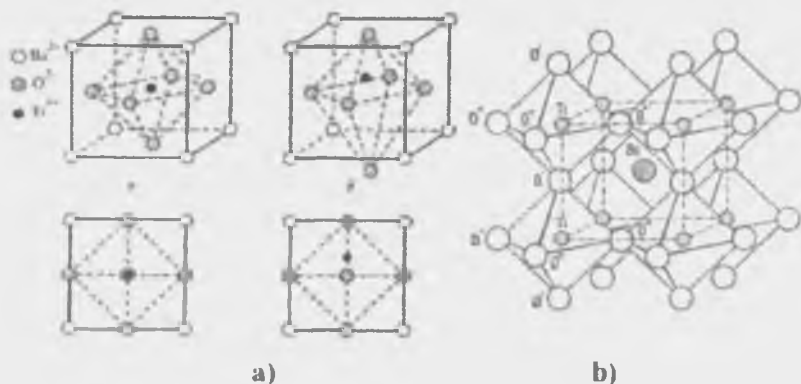


**10.5-rasm. Migratsion qutblanish.**

*O'z-o'zidan (spontan) qutblanish*( $C_o, q_o, r_o$ ) segnetoelektrlarga xos bo'lib, birinchi bor u segnet tuzi ( $KC_4 H_4 O_6 4H_2O$ ) da kuzatiladi. Tashqi maydon bo'lmaganda segnetoelektrikning ma'lum qismida dipollar o'z-o'zidan bir-biriga nisbatan moslashib, aniq yo'nalish oladi. O'z-o'zidan qutblanuvchi moddalarning alohida sohalarida (domenlarida) elektr momenti yo'nalishi turlicha bo'ladi. Tashqi maydon ta'sirida domenlarning elektr momenti maydon tomon yo'naladi va shu sababli kuchli qutblanish sodir bo'ladi. Segnetoelektrikning dielektrik singdiruvchanligi juda ham yuqori (500–20000) bo'lib, u maydon kuchlanganligi va haroratga uzviy ravishda bog'liqdir. Dielektrik gisterezis segnetoelektrikning xarakterli xususiyatlaridan biridir. Kyuri nuqtasi bilan bog'liq harorat qiymatlarida domenli qutblanish kuzatiladi va u elektr maydoni kuchlanganligida nochiziqli bog'lanishga ega bo'ladi. Tashqi maydon kuchlanganligining ma'lum qiymatidan boshlab to'yinish ro'y berib, qutblanish o'zgarmay qoladi, aksincha, maydon ta'siri pasaytirilganda va u ordinata o'qini kesib, nolga teng bo'lganda jism qutblanishi ma'lum qiymatgacha pa-

<sup>16</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2007. 51-bet.

sayadi. Shuning uchun ham oʻz-oʻzidan qutblanish jarayonida dielektrikning singdiruvchanligi elektr maydon kuchlanganligiga bogʻliq boʻladi (10.6-rasm).

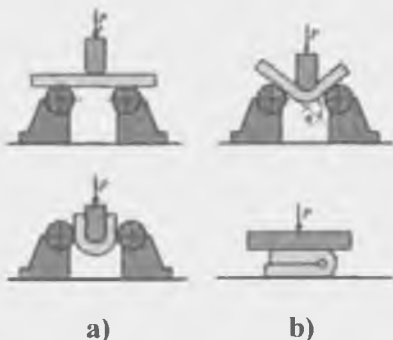


10.6-rasm Oʻz-oʻzidan (spontan) qutblanish.

Dielektrik singdiruvchanlikning haroratga bogʻliqligida kuzatiladigan yuqori qiymat Kyuri harorati yoki *Kyuri nuqtasi* deyiladi. Ana shu maqbul haroratda yuqori singdiruvchanlikka erishiladi, bunda jismda struktura oʻzgarishi sodir boʻladi. Bu nuqtadan yuqori haroratda material oʻzining segnetoelektriklik xususiyatini, yaʼni  $\epsilon_r$  qiymatining elektr yoki magnit maydoniga boʻlgan bogʻliqligini domenlar toʻplamining joyi oʻzgarishi hisobiga segnetoelektrlarda elektr eskirishi kuzatiladi va  $\epsilon_r$  qiymatining keskin oʻzgarishi Kyuri haroratida sodir boʻladi. Agar segnetoelektrik Kyuri nuqtasigacha qizitilib, soʻngra keskin sovitsilsa, uning dielektrik singdiruvchanligi oʻzining asl qiymatiga qaytadi. Dielektrik singdiruvchanlikni tiklash, segnetoelektrikka yuqori kuchlanishli elektr maydoni taʼsir ettirilib, amalga oshiriladi.<sup>17</sup>

**Dielektrikning mexanik xossalari.** Izolatsiya materiallaridan ishlab chiqarilgan konstruksiyalar mexanik kuch taʼsiri ostida boʻlishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformatsiyasini oʻrganish katta ahamiyatga ega (10.7-rasm).

<sup>17</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009.51-bet

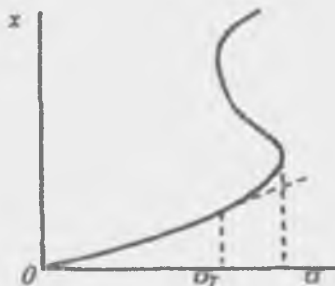


10.7-rasm. Materiallarning mexanik xossalari.

Statik cho‘zilish, siqilish va egilishning oddiy ko‘rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo‘ysunadi va bundagi mustahkamlik chegaralarning qiymatlari ( $s_{ch}, s_c, s_e$ , SI da Paskalda o‘lchanadi ( $1 \text{ PA} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ kgs/sm}^2$ )). Cho‘zilishdagi mustahkamlik yupqa varaq va tasma shaklidagi dielektrlarga xos bo‘lib, bu materiallar o‘tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o‘zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi:

$$s_{ch} = R_{ch} / F \text{ Pa,}$$

bunda,  $P_{th}$  – dielektrikning uzilish lahzasidagi ta‘sir kuchi, kg;  $F$  – dielektrikning ko‘ndalang kesim yuzasi,  $m^2$ . Uzilish mashinasida materialning yemirilishga bo‘lgan mustahkamligi ( $P_{ch}$ ) ning cho‘zilishi  $\frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%$  ham aniqlanadi.



10.8-rasm. Cho‘zilishdagi mustahkamlikni deformatsiyaga bog‘liqligi.

Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa  $i$  ko'rsatkichi nisbatan katta qiymatlarga bo'ladi (10.8-rasm). Chunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda  $i$  qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning xarakteristikalari oralig'ida bo'ladi. Materialning mexanik mustahkamligi maxsus tayyorlangan namunalarda aniqlanadi. Materialdan tayyorlanadigan namunalarning shakli ularga qo'yiladigan kuch yo'nalishini hisobga olgan holda ishlab chiqiladi. Masalan, dielektrikning cho'zilish ( $a$ ), siqilish ( $b$ ) va egilish ( $v$ ) ga bo'lgan mustahkamligini aniqlash uchun tayyorlangan namunalarning shakllari keltirilgan. Materiallarning siqilishga bo'lgan vaqtincha qarshiligi  $s$  yuqorida keltirilgan ifodaga o'xshash bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_s = \frac{P}{F} \text{ Pa.}$$

Tajribaga asosan, metallarda  $\sigma_{ch} = \sigma_s$  bo'lgani sababli ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash shart emas. Dielektrlarda esa  $\sigma_{ch} \neq \sigma_s$  bo'lgani sababli, mexanik mustahkamlik ikkala yo'nalishda alohida-alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektrlarni sinash uchun namunalarda tayyorlashda ulardagi tola yo'nalishi e'tiborga olinadi. Ko'pchilik dielektrlarning siqilishga bo'lgan mustahkamligi cho'zilishga bo'lgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi ( $\sigma_{ch} \ll \sigma_s$ ) sababli ularni, asosan, siqilish yo'nalishi bo'yicha ishlatish maqsadga muvofiqdir.

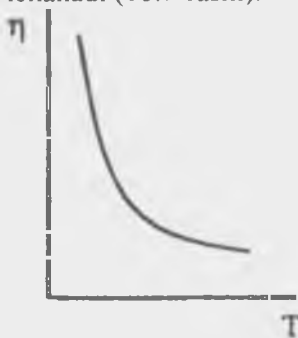
Jismning egilishdagi zo'riqishi eguvchi moment ( $M$ ) ning qarshilik momenti ( $W$ ) ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\sigma_\epsilon = \frac{M}{W}.$$

Aksariyat materiallarning mexanik mustahkamligi ularning kesim yuzasiga uzviy ravishda bog'liq bo'ladi. Dielektrikning mexanik xossasi haroratga ham bog'liq bo'lib, issiqlik ta'sirida uning mexanik mustahkamligi kamayadi. Gigroskopik materiallarda namlik orta borgan sari ularning mexanik mustahkamligi pasayib boradi.

Mo'rtlik plastik deformatsiyasiz yemirilish turiga kirib, u material strukturasi va tekshirish sharoitiga bog'liq bo'ladi. Materialga ta'sir ettiriladigan kuchlanish tezligi oshirib borilib, uning harorati keskin kamaytirilsa, jismning mo'rtlikka bo'lgan mexanik mustahkamligi kamayadi. Ko'pgina materiallar katta statik yemirilish kuchlanishiga ega bo'lishi bilan bir qatorda, mo'rtligi sababli, ularning dinamik yemirilish kuchlanishi kichik bo'ladi. Materiallarning dinamik kuchlanishini aniqlaydigan usul – bu urilish egiluvchanligi yoki urilish qovushqoqligidir. Jismning urilish qovushqoqligi  $s$  uni sindirishga sarf etiladigan quvvatning ( $A$ ) shu jism kesim yuzasiga ( $F$ ) bo'lgan nisbati ( $s = \frac{A}{F} \cdot J/m^2$ ) orqali aniqlanadi. Bu qiymat polietilenda  $100 \text{ kJ/m}^2$  bo'lgan holda, sopol va mikaleksda bor-yo'g'i  $2-5 \text{ kJ/m}^2$  ga tengdir.<sup>18</sup>

Suyuq dielektrlarga (moy, lok, kompaund) ning mexanik xossalari o'rganishda qovushqoqlik qo'l keladi. Qovushqoqlik deganda suyuqlik va gaz molekulalarining siljishdagi ichki ishqalanishi tufayli yuzaga keladigan ichki qarshilik tushuniladi.  $U h$  bilan belgilanib, dinamik qovushqoqlik (ichki ishqalashish) deyiladi va  $1 \text{ Pa} \times \text{s} = 10^9 \text{ Pa} \times \text{s} = 10^9 \text{ sP}$  (Pauz)da o'lchanadi (10.9-rasm).



10.9-rasm. Qovushqoqlikning haroratga bog'liqligi.

$V = \frac{\eta}{\rho}$  kinematik qovushqoqlik deyiladi va stokslarda o'lchadi.

**Dielektrikning fizik xossalari.** Dielektrikning zichligi  $g$  ni bilish mahsulot tayyorlashda materialga bo'lgan ehtiyojni, uning hajm

<sup>18</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009.67-bet

yoki massasini aniqlash uchun zarurdir. Zichlik jism massasi ( $m$ ) ning uning hajmi  $V$  ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\gamma = \frac{m}{V} \text{ kg / m}^3. \quad (10.2)$$

Organik materiallarda  $\gamma = (0,5-1,5) \times 10^3$ , anorganikda esa bu qiymat bir oz yuqoriroq:  $\gamma = (2,5-4,0) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

Materialning gigroskopikligi jismni (namunani) ma'lum vaqt suvda ushlab turish orqali aniqlanadi:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%. \quad (10.3)$$

bunda,  $m_1$  – quruq namunaning massasi,  $r$ ;  $m_2$  – namunaning suvda ma'lum vaqt ushlagandan keyingi massasi,  $r$ .

Bu kattalik dielektrikning namga chidamliligini baholashda yordam beradi. Ko'pgina dielektriklar ma'lum darajada gigroskopik bo'lganligi sababli, izolatsiyani namdan himoya qiladi.<sup>19</sup>

**Izolyatsiyani namlikdan himoya qilish.** Shimdirish usulida izolatsiya bo'shliqlari gigroskopik bo'lmagan yoki kam gigroskopik qattiq yoki suyuq dielektrik bilan to'latiladi. Shimdirilgan materiallarga avvaliga nam singmay, ma'lum vaqt o'tgandan so'ng bu xossa yomonlasha boradi. Ba'zi shimdirilgan materiallar o'ziga nam olmaydi. Masalan, shimdirilgan marmarda  $r$  qiymati uzoq vaqt o'zgarmay turadi. Tolali shimdirilgan material (qog'oz, karton, mato selluloza) larda esa  $r$  qiymati asta-sekin pasaya boradi. Shimdirilmagandagi kabi shimdirilgan qalin qog'oz (karton) da ham namlik materialga asta-sekin singib boradi va ma'lum vaqtdan so'ng  $W$  qiymati ikkalla qog'ozda deyarli bir xil qiymatga ega bo'ladi. Havo bo'shliqlari bo'lgan va shimdirilgan matolar qisqa muddatli namlikka bardoshli bo'lib, ularda  $E$  qiymati quruq shimdirilgan materillarga nisbatan yuqori bo'ladi.

Izolyatsiya xarakteristikasini o'zgartirmasdan saqlash va namlik ta'sirini kamaytirish maqsadida shimdirish usulidan tashqari, loqlash

---

<sup>19</sup> Bijay\_Kumar Sharma., Electrical and Electronic Materials Science. / - OpenStaxCNX, / Indiya – 2014, 51-bet.

usulidan ham foydalaniladi. Bunda, shimdirilgan jism qalinligi 0,1–0,2 mm li lok qatlami bilan qoplanadi. Lekin bu usul namlik 80% dan ortganda o'zini oqlamaydi.

Bundan tashqari, siqish usuli yordamida mahsulot yuzasi qalinligi 1–2 mm bo'lgan plastmassa qoplamasi bilan qoplanadi. Bunday qoplamaning mexanik xarakteristikalari lok qoplama mexanik mustahkamligidan ancha yuqori bo'ladi. So'nggi usul mahsulotning havo namligi 90% gacha bo'lgan hollarda ishonchli himoya qiladi.

Mahsulot yuzasini qoplash usullaridan biri ishlov beriladigan yuzaga tayyorlangan kompaund quyish usulidir. Bunda detalning tashqi qismiga mos qilib maxsus qolip yasaladi va unga suyuq holdagi plastmassa to'ldiriladi. Masalan, epoksid smolasidan tayyorlangan qoplamaning qalinligi 10–20 mm qilib olinadi. Mahsulot suyultirilgan kompaundga botirib olinadi. Bu usul dielektrlarni 95% gacha namlik ta'siridan himoya qiladi.

Barcha hollarda ham jismni namlikdan himoya qilishda organik materiallar qo'llaniladi. Bu materiallar gigroskopik xususiyatga ega bo'lgani uchun o'zidan namlikni o'tkazadi. Istalgan organik dielektrik qandaydir miqdorda nam singdiruvchanlikka ega.

Ba'zi organik dielektrlar uchun nam singdirish koeffitsiyenti quyidagichadir:

Parafin ... ..	$5 \times 10^{-10}$
Polietilen ... ..	$3 \times 10^{-10}$
Epoksid smolasi ... ..	$5 \times 10^{-9}$
Neftli bitum ... ..	$1 \times 10^{-8}$

Dielektrikni namlikdan ishonchli himoya qilish maqsadida bosim ostida quyish usuli qo'llaniladi. Chunki bu usulda olinadigan qoplamaning qalinligi katta qiymatga ega bo'ladi va mahsulotni namlikdan yaxshi himoya qiladi. Agarda himoya qoplamasida darz yoki yemirinish sodir bo'lsa, namlik qoplama ichiga tezda kirib boradi.

Vakuumda zichlash usulida himoya qilinadigan mahsulot metall qobiqqa joylashtiriladi va qopqoq bilan kavsharlanadi. Metall qoplama dielektrikni namdan a'lo darajada himoya qiladi.

Qog'oz izolatsiyali yuqori kuchlanishli kabellarni namdan muhofaza qiladigan himoya qoplamasi sifatida izolyatsiya yuzasiga uz-



luksiz qoplanadigan metall (qo'rg'oshin, aluminiy, po'lat) qoplama ishlatiladi. Bu qoplamalar izolyatsiya yuzasiga maxsus presslarda qoplanadi. Elektr mashinalarining izolyatsiyasi namlik ta'siridan loklash, shimdirish va kompaund quyish usullari orqali himoya qilinadi. Uzluksiz ishlaydigan elektr mashinasi namlikka chidamli bo'ladi. Bu mashinaning muttasil ish mobaynida qizishi natijasida izolyatsiyasining namlanmasligi bilan tushuntiriladi. Uzoq muddat ishlamagan (omborda saqlangan) elektr dvigateli yoki generatorlarning izolyatsiya holati tekshirilib, zarur holatlarda ularning izolyatsiyasi quritilishi shart.<sup>20</sup>

Kimyoviy tarkibiga qarab dielektriklar 2 turga bo'linadi:

1. Organik (polimerlar, rezina, shoyi).
2. Noorganik (slyuda, keramika, shisha sitollar).

Elektrik xususiyatlariga qarab 2xil: past chastotali (elektrotexnik), yuqori chastotali (radiotexnik).

Dielektriklarning hal qiluvchi xususiyati – bu issiqqa bardoshligi: o'z xususiyatlarini uzoq vaqt qizdirilganda ham saqlab qolish. Issiqqa bardoshlik qobiliyati darajasiga qarab, dielektriklar 7 sinfga bo'linadi: U, A, E, V, F, N, S. "U" ishlash sharoiti 90°C dan past bo'lishi kerak. Eng yuqorisi "S" guruhi: 180°C va undan yuqori haroratni ushlaydi: slyuda, keramika, shisha, sitallar.

Dielektriklarning xossalari nam o'tkazishlik katta ta'sir ko'rsatadi. Dielektriklarda tok o'tkazuvchi plyonkaning va qatlarning hosil bo'lishi izolyatorlik qobiliyatiga salbiy ta'sir qiladi, hatto teshib o'tishi ham mumkin. Suv molekulasining diametri  $d=2,5 \cdot 10^{-10}$  m juda kichkina bo'ladi, shuning uchun suv pari hamma yoqqa kirib ketaveradi. Eng gigroskopik materiallar zich va g'ovaksiz materiallar suv parlarini o'tkazmaydi, bularga sitallar, shisha, keramika, epoksidli plastmassa, qutbsiz polimerlar kiradi.

Dielektriklarni tanlashda ularning mustahkamligi va mexanik xossalari ham e'tiborga olinadi. Keramika, shisha, sitallar ancha mustahkam dielektriklar, lekin mo'rt bo'ladi, ularning egilishga mustahkamligi  $\delta_{\text{qil}}=(30-300)\cdot 500\text{MPa}$ .

<sup>20</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 69-bet

Struktura va xossalarning turg'unligi dielektriklarning ishlatish-eksplutatsiya qilish muddatini belgilaydi, shishaga PbO va BaO qo'shilishi uning elektrokimyo teshilishiga qarshiligini oshiradi. Ko'pchilik plastmassalar razryad ta'sirida kuyib ko'mirlashadi (qotadi) va o'zining izolyatsion qobiliyatini yo'qotadi.

Polistirol, organik shisha, ftoroplast va kremniy organik plastiklarda bu kamchilik yo'q.

Dielektriklar orasida keramik materiallar (ayniqsa, segnetokeramika) alohida ahamiyatga ega. Bular eskirmaydi va qizdirishga nisbatan turg'un.

Keramika izolyatorlarni, kolodkalar, platalarni, g'altaklarni yasashda ishlatiladi.

Past chastotalarda elektrofarfor ishlatiladi: arzon, yaxshi elektrik xossalari, lekin mustahkamligi past va 200° C dan yuqorida katta "yo'qotilish"ga uchraydi.

Yuqori chastotalarda ishlaydigan detallar asosan steoit nomli materiallardan yasaladi. Buning tarkibida zararli qo'shimchalar yo'q va 100°C gacha o'z xossalarni yaxshi ushlab tura oladi: yaxshi presslanganda, kuydirilganda-pishirilganda kirishishi 1–2%. Zich va g'ovak strukturali hamda aniq o'lchamli detallar uchun ishlatiladi. Steoit yaxshi qirg'iladi. Kamchiligi: harorat tez o'zgariganda darz ketadi.

Yuqori chastotali kondensatorlarni yasashda ultrafarfor, steoit, stannatli, keramika ishlatiladi. Eng yaxshi xossali keramika TiO<sub>2</sub>, asosida bo'ladi. Bunday keramika 2 xil bo'ladi:

1. Tikondalar: T-60, T-80, T-150.

2. Termokondalar: T-20, T-40 raqamlar "E" ning miqdorini bildiradi.

Tikondalar asosan termokompensatsiyalovchi kondensatorlar uchun ishlatiladi. Termokondalar yuqori turg'unlikdagi kondensatorlar uchun ishlatiladi.

Dielektrik moddalar deb, shunday moddalarga aytiladiki, bularda valentli zona o'tkazish zonasida keng man etilgan energiya bilan ajratilgan. Dielektriklar qattiq: (keramika, polimerlar, shisha); suyuq: (benzol, toluol, vodorod, kislorod, argon) holatda bo'ladi. Bularda erkin elektronlar yo'q, bog'liqlik valentli yoki kovalentli. Dielektriklar-

izolatorlar tok o'tkazmaydilar: nisbiy elektroqarshilik  $\delta=10^{12}-10^{20}$  om m. Dielektriklarning xarakterli xususiyati ularning qutblanishidir. (Elektr zaryadlar siljiydi).



**10.10- rasm. Dielektriklarning kristallik tuzilishi.**

Kondensator qoplamalari oralig'idagi bo'shliq bo'lganda sig'imi  $S_0$  bilan belgilaymiz. Kondensator qoplamalari oralig'ida dielektrik bo'lgandagi yig'indisi:

$$S=E \cdot S_0$$

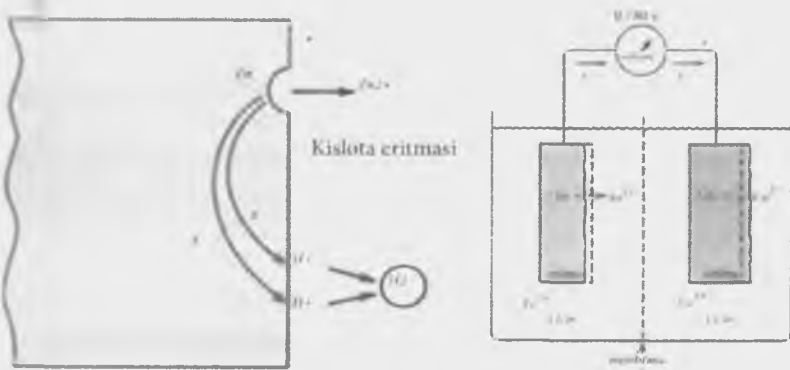
E-dielektrik doimiy, kondensator qoplamalari oralig'ida bo'shliq o'rnida biror dielektrik bo'lganda, kondensator sig'imining necha marta ortishini ko'rsatadi.

Havo uchun  $E=1$ , oltingugurt  $E=4$ , mum  $E=7,8$ , parafin  $E=2,1$ ; shisha  $E=7$ , chinni  $E=6,3$ ; ebonit  $E=2,5$ ; keromika  $E=20$ , suvlar uchun  $E=81$ .

Qutblanishning asosiy mohiyati shundan iboratki, bir-biriga bog'liq elektrik zaryadlar maydon ta'sirida suriladilar-siljiydilar. Siljigan zaryadlar o'zlarining xususiy ichki maydonlarini hosil qiladilar, bu maydon yo'nalishi tashqi maydon yo'nalishiga teskari bo'ladi. Qutblanish o'lchami-dielektrik doimiylikdir.

Qattiq dielektriklarda qutblanish har xil bo'ladi, lekin hammasining yig'indisi  $E$  ning kattaligini-qiymatini ifodalaydi. Kondensatorli dielektriklarda  $E$  katta maydonda o'zgaradi.  $E=(12-15) \cdot 100000$ .

Qutblanishning eng asosiy turlari: elektronli, ionli, dipolrelaksatsiyali va o'z-o'zidan ("spontaynaya") qutblanish (10.11-rasm).



10.11- rasm. Elektronli, ionli qutblar sxemasi<sup>21</sup>.

I lektronlar bir zumda suriladilar. Qutblanish vaqti juda kam  $t=10^{-15}$ s.  $\omega$  chastotaga bog'liq emas.

Ionli qutblanish qoplamalarining elastik surilishi hisobiga bo'ladi. Surilish masofasi ionlar orasidagi masofadan kam bo'ladi. Manfiy ionlar musbat elektrod tomonga, musbat ionlar manfiy elektrod tomonga suriladi. Ionli qutblanish davri juda kam  $t=10^{-13}$ s. Dipol-relaksatsionli qutblanish qutbli dielektrlarda namoyon bo'ladi. Dipollarning burilishi E ni yaxshigina o'zgartiradi. Qutblanmagan dielektrlarda E ning qiymati 2 dan ozgina ortiq. Qutblanganlarda u bir necha bor katta. Dipollarning maydon ta'sirida burilishi va E olib tashlangandan so'ng orqaga qaytishi uchun molekular kuchni yengishi kerak. Shuning uchun bunga vaqt kerak, ya'ni yuqoridagi qutblanish sekinroq o'tadi. Qizdirilsa, tezlashadi, chunki molekular kuchlar kamayadi.

O'z-o'zidan qutblanish faqat bitta dielektrikda- segneto elektriklarda bo'ladi. Buni Kyuri nuqtasigacha sovitilganda o'z-o'zidan qutblanadi.

Dielektriklarning-izolatorlarning elektrik qarshiligi yuqori  $\rho \approx 10^{12} \text{Om m}$ . Bu qizdirilganda kamayadi.

<sup>1</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 685-bet

Dielektriklarning elektrik mustahkamligi teshib o'tishiga qarshilik bilan o'lchanadi. Teshib o'tish – bu qattiq dielektrikni maydon ta'sirida tuzatib bo'lmaydigan (qaytmas) buzilishiga va izolyatorlik xossasini yo'qotishga aytiladi.

Elektrik mustahkamlik teshish kuchlanishi  $Ye_{\text{teshish}}$  deb, tok quvvati  $V_{\text{teshish}}$  ni dielektrik qalinligiga nisbatidir:

$$E_{\text{t}} = V_{\text{t}} / \delta$$

Teshib o'tish 3 xil bo'ladi: elektrik, issiqlik va elektrokimyoy.

Elektrik teshib o'tish katta hajmdagi elektronlar turg'unligining ionlashishi natijasida ro'y beradi. Bu katta kuchlanish ( $E_1 > 1000 \text{ MV/m}$ ) ta'sirida bir zumdada ( $t = 10^{-7} - 10^{-8} \text{ s}$ ) o'tadi. Odatda, teshish tok quvvatini o'lchaganda yoki uning katta sakrashida bo'ladi.

Issiqlik teshish maydoni va issiqlikning birgalikdagi ta'siri ostida bo'ladi. Shuning uchun kontakti sovitib turish kerak.

Elektrokimyoy teshish elektr maydonining uzoq ta'siri ostida dielektrikning strukturasi o'zgarishi va  $E_{\text{t}}$  ning pasayishi natijasida bo'ladi.

Kimyoviy tarkibiga qarab dielektriklar 2 turga bo'linadi:

1. Organik (polimerlar, rezina, shoyi).
2. Organik emas (slyuda, keramika, shisha sitollar).

Elektrik xususiyatlariga qarab 2xil: past chastotali (elektrotexnik), yuqori chastotali (radiotexnik).

Dielektriklarning hal qiluvchi xususiyati – bu issiqqabardoshligi: o'z xususiyatlarini uzoq va qizdirilganda ham saqlab qolish. Issiqqabardoshlik qobiliyati darajasiga qarab, dielektriklar 7 sinfga bo'linadi: U, A, E, V, F, N, S. “U” eng past  $90^\circ\text{C}$  dan past bo'lishi kerak. Eng yuqorisi “C” guruhi:  $180^\circ\text{C}$  va undan yuqori haroratni ushlaydi: slyuda, keramika, shisha, sitollar.

Dielektriklarning xossalari nam o'tkazishlik (“gigroskopichnost”) katta ta'sir ko'rsatadi. Dielektriklarda tok o'tkazuvchi plyonkaning va qatlamning hosil bo'lishi izolatorlik qobiliyatiga salbiy ta'sir qiladi, hatto teshib o'tishi ham mumkin. Suv molekulasi diametri  $d = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  – juda kichkina, shuning uchun suv pari hamma

voqqa kirib ketaveradi. Eng gigroskopik materiallar zich va g'ovaksiz materiallar suv parlarini o'tkazmaydi, bular gasitaplar, shisha, ziya keramika, epoksidli plastmassa, qutbsiz polimerlar kiradi.

Dielektriklarni tanlashda ularning mustahkamligi va mexanik xossalari ham e'tiborga olinadi. Keramika, shisha, sitallar-ancha mustahkam dielektriklar, lekin mo'rt, ularning egilishga mustahkamligi  $\delta_{\text{vil}} = (30-300)-500\text{MPa}$ .

Struktura va xossalarining turg'unligi dielektriklarning ishlatish-eksplutatsiya qilish muddatini belgilaydi. Ko'pchilik plastmassalar nazryad ta'sirida kuyib ko'mirlashadi (qotadi) va o'zining izolyatsion qobiliyatini yo'qotadi.

Polistrop, organik shisha, ftoroplast va kremniy organik plastiklarda bu kamchilik yo'q.

Dielektriklar orasida keramik materiallar (ayniqsa, segnetokeramika) alohida ahamiyatga ega. Bular eskirmaydi va qizdirishga nisbatan turg'un.

Keramika izolatorlarni, kolodkalarni, platlarni, g'altaklarni yasashda ishlatiladi.

Past chastotalarda elektrofarrow ishlatiladi: arzon, yaxshi elektrik xossalari, lekin mustahkamligi past va 200°C dan yuqorida katta "yutqazishi" – "poteri". Yuqori chastotalarda ishlaydigan detallar asosan steoit nomli materiallardan yasaladi. Buning tarkibida zararli qo'shimchalar (primislar) yo'q va 100°C gacha o'z xossalarini yaxshi ushlab tura oladi: yaxshi presslanganda, kuydirilganda-pishirilganda (objig) kirishishi 1–2% ni tashkil qiladi. Zichva g'ovak stukturali hamda aniq o'lchamli detallar uchun ishlatiladi. Steoit yaxshi qir-qiladi. Kamchiligi: harorat tez o'zgartarganda darz ketadi.

Yuqori chastotali kondensatorlarni yasashda ultrafarrow, steoit, stannatli, keramika ishlatiladi. Eng yaxshi xossali keramika TiO, asosida bo'ladi. Bunday keramika 2 xil bo'ladi:

3. Tikondalar: T-60, T-80, T-150.

4. Termokondalar: T-20, T-40 raqamlar "E" ning miqdorini bildiradi.

Tikondalar asosan termokompensatsiyalovchi kondensatorlar uchun ishlatiladi. Termokondalar yuqori turg'unlikdagi kondensatorlar uchun ishlatiladi.

Fezoelektriklar – bular shunday materialki, mexanik kuchlanish taʼsirida ular qutblanadilar. Fezokeramik materiallar – bular bariy titanati (TBS va TBKS) asosidagi qattiq eritma. Bariy niobati (NBS) qalay titanati (NTS), asoslarida ham boʻlishi mumkin.

## 10.2 Yarimoʻtkazgichlar

Bular nisbiy elektr oʻtkazuvchanlik darajasi boʻyicha dielektriklar bilan oʻtkazuvchanlik oʻrtasida joylashgan. Xarakterli tomoni ularni elektr oʻtkazuvchanlik qobiliyatini tashqi energetik taʼsirni jadalligiga bogʻliqligi: elektr maydoni kuchlanishga; haroratga; yoritilishiga; nur beruvchi toʻlqin uzunligiga; bosimga va h.k. Bu xususiyatlar yarimoʻtkazgichli priborlarni asboblarni ishlashiga asos solgan: diodlarni, tranzistorlarni, tenzodatchiklarni va h.k.

Yarimoʻtkazgich materiallarga nisbiy qarshiligi  $r=10^{-3}-10^{-10}$  Om\*sm boʻlgan materiallar kiradi. Bunga Mendeleyev davriy sistemasidagi 12 element kiradi: bor, uglerod (olmos), kremniy, germaniy, qoʻrgʻoshin(Sn), fosfor, mishyak, surma, oltingugurt, selen, tellur, yod. Bundan tashqari, bir qancha kimyoviy birikmalar ham kiradi. Eng koʻp tarqalgani germaniy(Ge) va kremniy(Si) hisoblanadi.

Yarimoʻtkazgichlarda tokni paydo boʻlishi uchun valent zonasidagi elektronlarning bir qismi tok oʻtkazish zonasiga oʻtib elektr zarjadini tashuvchisiga aylangan boʻladi.

Yarimoʻtkazgich materiallarga nisbiy qarshiligi  $r=10^{-3}-10^{-10}$  Om\*sm boʻlgan materiallar kiradi. Bunga Mendeleyev davriy sistemasidagi 12 element kiradi: bor, uglerod (olmos), kremniy, germaniy, qoʻrgʻoshin( $Sn_0$ ), fosfor, mishyak, surma, oltingugurt, selen, tellur, yod. Bundan tashqari birqancha kimyoviy birikmalar ham kiradi. Eng koʻp tarqalgani germaniy(Ge) va kremniy(Si) hisoblanadi.

Yarimoʻtkazgichlarda tokni paydo boʻlishi uchun valent zonasidagi elektronlarning bir qismi tok oʻtkazish zonasiga oʻtib elektr zarjadini tashuvchisiga aylangan boʻladi.

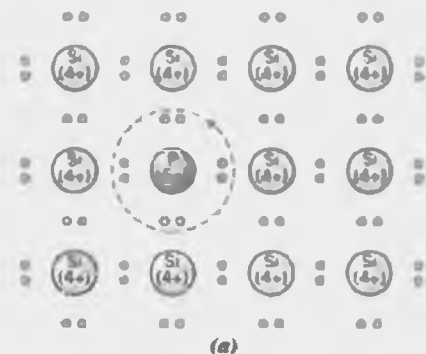
Shuning uchun, kristallik panjaralari nuqsonsiz yarim oʻtkazgichlar monokristallar ishlatiladi. Yuqori sifatli asboblarni (“pribor”) germaniy va kremniy monokristallaridan yasaladi.

Toza yarimoʻtkazgichlardan tashqari murakkab yarimoʻtkazgich brikmalar ham ishlatiladi. Mendeleyev sistemasidagi  $A^4B^4$ , uchinchi va beshinchi  $A^3B^5$  va  $A^2B^4$ ,  $A^4B^4$  tipdagi birikma vakili SiC,  $A^3B^5$  vakili ZnSb va GaAs (galiy arseniy),  $A^2V^4$  bular sulfidlar (ZnSe), oksidlar (Cu<sub>2</sub>O).

**Aralashmali yarimoʻtkazgichlar.** Deyarli barcha sanoatda ishlab chiqariladigan yarimoʻtkazgichlar aralashmali turga kiradi. Bu shuni anglatadiki, ularning elektr xossalari minimal miqdorda mavjud boʻlgan va ortiqcha elektronlar yoki teshiklarni hosil qiladigan begona elementlar bilan belgilanadi. Masalan,  $10^{12}$  ta kremniy atomlarida bitta tartibdagi aralashmali atomlarning konsentratsiyasi kremniy xona haroratida aralashmali yarimoʻtkazgichga aylanishi uchun yetarli boʻladi.

***n*-turidagi aralashmali yarimoʻtkazgichlar.** Aralashmali turdagi yarimoʻtkazgichlar qanday ishlashini tasavvur qilish uchun yana yarimoʻtkazgichli kremniyga eʼtibor qaratamiz. Har bir kremniy atomi kremniyning bitta qoʻshni atomi bilan bogʻlangan toʻrtta elektronga ega boʻladi. Endi kremniy tuzilmasida valentligi 5 ga teng boʻlgan aralashmali atom qoʻshilgan deb faraz qilamiz. Bu V “A” guruhidagi elementlar atomi boʻlishi mumkin, masalan, fosfor, margimush yoki surma. Faqat beshtadan toʻrtta valentli elektron aloqalarini yaratishda ishtirok etishi mumkin, chunki qoʻshni atomlarda faqat toʻrttadan elektron boʻladi. Ortiqcha beshinchi elektron (10.12 (a) rasm)da koʻrsatilganday aralashmali atom atrofidagi zaif bogʻlanish bilan elektrostatik tortishish kuchlari bilan aloqa qiladi. Shuning uchun u aralashmali atomdan osongina ajraladi va erkin boʻlib qoladi, yaʼni oʻtkazuvchanlik elektroniga aylanadi (10.12-rasm, b va d).





**10.12 rasm. Kremniy misolida o‘ziga tegishli yarim o‘tkazgichlarda o‘tkazuvchanlik uchun tashqi elektr maydonining qo‘yilishi natijasidagi atomlararo o‘zaro aloqalar modeli: a – qo‘zg‘atishgacha, b va d – qo‘zg‘atishdan keyin (mos ravishda erkin elektronlar va teshiklar harakati uchun)<sup>22</sup>.**

Bunday elektronning energetik holati zonali tuzilma nuqtayi nazaridan ko‘rib chiqilishi mumkin. Har bir bog‘langan elektron uchun yagona elektron darajasi yoki energetik holat mavjud bo‘lib, u o‘tkazuvchanlik zonasining tagida joylashgan taqiqlangan zona ichiga joylashadi.

<sup>22</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 742-bet

Xona haroratida issiqlik energiyasi katta miqdordagi elektronlarni donorlik holatidan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tkazish uchun yetarli bo'ladi. Bundan tashqari, o'ziga tegishli o'tkazuvchanlik bilan shartlashilgan valentlik zonasidan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishlar amalga oshadi, biroq bu effekt hisobga olmaydigan darajada kichik bo'ladi.

**p-turidagi aralashmali yarimo'tkazgichlar.** Agar kremniyga yoki germaniyga uch valentli o'rnini bosuvchi aralashma, masalan aluminiy kiritilsa, bor yoki davriy tizimning IIIA guruhidagi gally qo'shilsa, mohiyati bo'yicha teskari effekt yuz beradi. Har bir atomning atrofidagi kovalent aloqalarning bittasi elektronga muhtoj bo'lib qoladi. Bu yetishmovchilik aralashmali atom bilan kuchsiz bog'langan teshik deb qaralishi mumkin. Teshik aralashma atomidan (10.13-rasm)da ko'rsatilganday qo'shni atomdan elektronning o'lib o'tilishi bilan bo'shatilishi mumkin. Mohiyatiga ko'ra, elektron va teshik o'z holatlari bilan almashadilar. Harakatlanayotgan teshik yuqorida muhokama qilinganiday donor elektronga nisbatan qo'llanilgan talqin kabi qo'zg'atilgan holatdagi obyekt deb qaraladi.



**10.13-rasm. P turidagi aralashmali yarimo'tkazgichlar uchun elektron aloqalar modeli: a – borning uch valentli atomi kabi begona atom kremniy atomini almashtiradi<sup>23</sup>.**

<sup>23</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 743-bet

Bu holat bitta valentli elektron defitsitiga yoki aralashmali atom bilan bog'langan teshikning yuzaga kelishiga olib keladi;  $b$  –elektr maydoni ta'sirida teshikning surilishi.

Yarimo'tkazgich materiallarga nisbiy qarshiligi  $r=10^{-3}-10^{-10}$  Om\*sm bo'lgan materiallar kiradi. Bunga Mendeleyev davriy sistemasidagi 12 element kiradi: bor, uglerod (olmos), kremniy, germaniy, qo'rg'oshin( $Sn_0$ ), fosfor, mishyak, surma, oltingugurt, selen, tellur, yod. Bundan tashqari, bir qancha kimyoviy birikmalar ham kiradi. Eng ko'p tarqalgani germaniy(Ge) va kremniy(Si) hisoblanadi.

Yarimo'tkazgichlarda tokni paydo bo'lishi uchun valent zonasidagi elektronlarning bir qismi tok o'tkazish zonasiga o'tib elektr zaryadini tashuvchisiga aylangan bo'ladi.



**10.14-rasm. Turli xil sohalarida foydalaniladigan yarimo'tkazgichlar.**

Elektronlar bir zonadan ikkinchisiga o'tish uchun ruxsat etilmaganman etilgan energiya zonasidan o'tishi kerak.

Buning uchun ma'lum energiya kerak. Bu tashqi energiya yorug'lik yoki issiqlik energiyasi bo'lishi mumkin. Qizdirilganda elektr tokini tashuvchilar "konsentratsiya"si ko'payadi va yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi kamayadi. Wo qancha ko'p-keng katta bo'lsa, shuncha ko'p qizdirish kerak.

O'tkazuvchanlikka tok tashuvchilarning harakatchanligi ham ta'sir qiladi. Kristallik panjaraning nuqsonlari buni pasaytiradi (demak, o'tkazuvchanlikni ham). Xuddi shunday ta'sir qiladi tashuvchilarning "hayot davri" ham.

Shuning uchun, kristallik panjaralari nuqsonsiz yarim o'tkazgichlar-monokristallar ishlatiladi. Yuqori sifatli asboblari ("pribor") germaniy va kremniy monokristallaridan yasaladi.

Toza yarimo'tkazgichlardan tashqari murakkab yarimo'tkazgich birikmalar ham ishlatiladi. Mendeleev sistemasidagi  $A^4V^4$ , uchinchi va beshinchi  $A^3V^5$  va  $A^2V^4A^4V^4$  tipdagi birikma vakili  $SiC$ ,  $A^3V^5$  vakili  $ZnSb$  va  $GaAs$  (galiyarsenidi),  $A^2V^4$  bular sulfidlar ( $ZnSe$ ), oksidlar ( $Cu_2O$ ).

### 10.3. O'tkazgich materiallar

**O'tkazgich materiallar** to'rt sinfga bo'linadi: yuqori o'tkazgichli materiallar, o'tkazgichlar va qiyshiq o'tkazgichlar, yuqori (belgilangan) qarshilikli materiallar, kontakt materiallar.

Yuqorio'tkazgichli materiallar kam yo'qotishli tok o'tadigan joylarda ishlatiladi.

Bunday materiallarga metallar  $Cu$ ,  $Al$ ,  $Fe$ ,  $Ag$ ,  $Au$ ,  $Pt$  va ular asosidagi qotishmalar kiradi. Bulardan elektr qurilmalarning simlari, kabellar va boshqa tok o'tkazuvchi qismlari yasaladi.

Krioo'tkazgichlar – bular yuqori o'tkazgichlar, kriogen haroratda (suyuq azotning qaynash haroratida  $-195,6\text{ }^{\circ}C$ ) ishlaydilar.

Yuqori qarshilikli o'tkazuvchi materiallar bular metalli qotishmalar bo'lib, qattiq eritma hosil qiladilar. Ulardan rezistorlar, termoparalar va elektr isitgichlar elementlari yasaladi.

Kontakt materiallardan sirpanuvchi va uzuluvchi kontaktlar yasaladi. Bularga qo'yilgan talablar har xil bo'lganidan, ularni tarkibi va qurilishi har xil bo'ladi. Bularga bir tomondan yuqori o'tkazgichli metallar ( $Cu$ ,  $Ag$ ,  $Au$ ,  $Pt$ ) va ular asosidagi qotishmalar, ikkinchi tomondan qiyin eriydigan metallar ( $W$ ,  $Ta$ ,  $Mo$ ) va kompozitsion materiallar kiradi.

Magnitli materiallarga texnikada ko'p ishlatiladigan ferromagnitliklar va ferritlar kiradi. Ularni magnit o'tkazuvchanligi juda yuqori ( $1.5 \cdot 10^6$  gacha) va tashqi magnit maydoni kuchlanishiga va haroratga bog'liq.

Magnit materiallari induksiya g'altaklari o'zagida magnit maydonini yig'ish uchun ishlatiladi. Elektron hisoblash mashinalari va boshqa konstruksiyalarning eslab qoluvchi drosellari uchun ham ishlatiladi. Bular kuchsiz magnit maydonida ham kuchli magnitlanadi. Ba'zilar magnit maydoni olib tashlangandan keyin ham o'zlarini magnitlanganlarini saqlaydilar. Texnikada eng ko'p va keng qo'llaniladigan materiallarga Fe; Co; Ni va h.k. lar kiradi.

**Materiallarning tuzilishi.** Zarrachalarning (atom, ion, molekula) issiq harakat energiyalarining nisbatiga va o'zaro ta'sir energiyasiga qarab, normal sharoitda barcha materiallar gaz, suyuq va qattiq holatda bo'ladi. Moddalarning alohida ko'rinishi yuqori haroratda (5000°C da) plazma holatida bo'ladi. Plazma – bu kuchli ionlashgan gaz.

Modda gaz holatda bo'lishi uchun zarrachalarning issiqlik harakati energiyasi ularni o'zaro ta'sir (ushlab turish kuchi) energiyasidan yuqori bo'lishi kerak. Gazlarda bunday zarrachalar molekuladir: kamroq bir atomli (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn); ko'proq ikki, uch va ko'p atomli ( $N_2$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_6$  va h.k.). Gaz molekulari doimiy xaotik-betartib harakatda bo'ladi. Tashqi energetik ta'siri molekularning juda kam qismi ionlashadi (ionlar va elektronlar hosil qilib).

Suyuq holatdagi zarrachalarning issiq harakat energiyasini ularni o'zaro ta'sir energiyasi bilan taqqoslasa bo'ladi. Dielektrlarda bunday zarrachalar molekulalardir, qaysilarki turg'un emas, komplekslarni hosil qiladilar to'xtovsiz parchalanadigan va yana hosil bo'ladigan. Agar molekular qutbli bo'lsa, ularning bir qismi musbat va manfiy ionlarga dissotsiyalanadi.

Ionlashmagan gazlar va dissotsiyalanmagan suyuqliklar dielektrlar hisoblanadi. Kuchli ionlashgan gazlar (plazma), eritmalar va elektrolitlarning suvdagi eritmaları bular ikkinchi tur o'tkazgichlar hisoblanadi.

Qattiq holatda moddani tashkil qiluvchi zarrachalarni o'zaro ta'sir energiyasi ularni issiqlik harakati energiyasidan ancha ko'p bo'ladi. Bular yoki geometrik to'g'ri tartibda joylashib kristallik jism hosil qiladi; yoki betartib xaotik amorf jism hosil qiladi.

Amorf jismlarda zarrachalar (atomlar, ionlar, molekulalar) faqat “yaqin tartibda” joylashgan bo‘ladi. Fizik xossalari izometrik xarakterli. Amorf holatdagi qattiq jismlarning qurilishi suyuqliklarning qurilishiga o‘xshaydi. Kristallik jismlarda zarrachalar yaqin tartibda ham, uzoq tartibda ham joylashgan; ya’ni zarrachalar bir-birlari bilan ma’lum geometrik to‘g‘ri tartibda aniq masofada fazoda joylashadi. Kristallda fazoviy kristallik panjara mujassam bo‘ladi; ya’ni kristall hosil bo‘ladi. Kristallda fazoviy kristallik panjara tashkil topadi. Panjaralarni ko‘p marta takrorlanadigan elementi bu elementar (kristallografik) “yacheyka” hisoblanadi. Buning cho‘qqisini tugun deyiladi; ikki qo‘shni tugunlar orasidan masofa davr yoki panjara doimiyliigi deb ataladi.

Monokristallar bu bir xil yo‘naltirilgan jismlar yacheykalarni juda katta (ulkan) soni; ya’ni katta yakka kristall. Tabiatda ba’zi mineral-lar monoko‘pchilik kristallik moddalar polikristallar ko‘p uchraydi. I-ekin ko‘pchilik kristallik moddalar polikristallar bo‘ladi. Ular ko‘p mayda kristallarning o‘shidan hosil bo‘ladi.

Teksturalash – bu kristallik zarrachalarni joylashishini qisman tartiblashishi; bunga polikristallik materiallarni maxsus ishlash bilan erishiladi; masalan, prokatlash yo‘li bilan.

Ba’zi moddalar amorf – kristall holatda bo‘ladi, ularda ikki faza mavjud: amorfli va kristallik. Bunday holat ko‘pchilik polimerlarda, sitallarda (maxsus tarkibli shisha) bo‘ladi.

Har xil sinfdagi elektrotexnik materiallarni elektr o‘tkazuvchanligi faqat ularning tabiatiga bog‘liq emas; tashqi energetik ta’siri jadal-liligiga ham bog‘liq. Qo‘shimchalar o‘tkazuvchanlikni ma’lum tipini va qiymatini-kattaligini hosil qilish uchun qo‘shiladi. Asboblarni uchun ishlatiladigan yarimo‘tkazgichlar yuqori darajadagi tozalikka ega bo‘lishi lozim.

Yarimo‘tkazgichlarni elektr o‘tkazuvchanligini harorat, yorug‘lik, elektr maydoni, mexanik kuchlanish ta’sir qilib boshqarishlik ma’lum asboblarning ta’sir prinsipiga-ishlash prinsipiga asos solgan: termorezistorlar, fotorezistorlar, tenzoresistorlar va h.k.

**Murakkab tarkibli yarimo‘tkazgich materiallar.** Yarimo‘tkazgichli komplekslar – ko‘p fazali yarimo‘tkazuvch materiallar, yoki

oʻtkazuvchi fazali (masalan, kremniy karbidi bular loy, shisha) materiallar. Yoki boshqa bogʻlovchilar bilan birlashtirilgan: tirit, vilit, detil, silit. Yana organik yarimoʻtkazgichlar ham bor: antresen, polunoetalin, poluatsetilen va h.k. Shishasimon va suyuq yarimoʻtkazgichlar ham mavjud.

Materiallar elektr xossalari boʻyicha 3 turga boʻlinadi: oʻtkazuvchilar, yarim oʻtkazgichlar, dielektriklar.

Oʻtkazgichlarning nisbiy elektrik qarshiligi  $10^{-8}-10^{-5}$  Om\*m boʻladi va harorat koʻtarilishi bilan u ham ortadi.

Yarimoʻtkazgichlarniki  $10^{-5}-10^{-8}$  Om\*m boʻladi va harorat koʻtarilishi bilan u kamayadi. Bular tokni toʻgʻrilash, elektr signalarini koʻpaytirish, har xil turdagi energiyalarni elektr energiyasiga aylantirish uchun ishlatiladi.

Dielektriklarning nisbiy elektr qarshiligi  $10^{-8}-10^{-16}$  Om\*m ga teng. Bular izolator sifatida ishlatiladi.

Texnikada, ayniqsa aviatsiyada tokni yuqori darajada oʻtkazadigan yuqori oʻtkazgich metallari va qotishmalari keng qoʻllaniladi: oltin, kumush, mis, bronza, latun va h.k. Bular yuqori elektr oʻtkazuvchanlik; plastiklik atmosfera sharoitida korroziyabardoshlik qobiliyatlariga ega.

Metallar qoʻshimchalar (primeslar va nuqsonlar) dan qancha toza boʻlsa, ularning oʻtkazuvchanligi shuncha yuqori boʻladi.

Oksidlanmaydigan oʻtkazgichlar, yuqori va oʻta yuqori chastotali asboblari-priborlarning kontaktlari va pechatli mikroshemalar uchun kumush ishlatiladi. Kumush havoda oksidlanmaydi. Lozim boʻlganda mis, latun va tok oʻtkazmaydigan materiallar (keramika, oyna, kvars, polimer) ustiga maxsus usul bilan kumush qoplama beriladi. Baʼzi hollarda kumush oltin bilan almashtiriladi.

Mis amaliyotda juda keng ishlatiladi. U yuqori oʻtkazish qobiliyatiga ega, mexanik xossalari yaxshi, arzon. Induksiya usulida vakuumda olingan (kislorodsiz) mis yuqori oʻtkazgichlik va plastiklik qobiliyatiga ega. “Nagartovka” qilingan mis-MT yuqori puxtalikka ega.

Yumshoq mis-MO, M1 kabellarning ichaklarini, “obmotka”-oʻrama simlarni yasash uchun ishlatiladi.

Kislorodsiz mis-MOO (02<0,02%) esa elektrovakuum asboblarda, C'ВЧ-asbobida, mis “фолгрáси” yasash uchun ishlatiladi. M2, M3, M4-markali simlar asosan qotishma olish uchun ishlatiladi. Mexanik xossalari yuqori bo'lishligi talab qilingan mahsulotlar uchun latunlar, kadmiyli va berilliyli bronzalar ishlatiladi.

Kadmiyli bronzadan “trolley”lar, sirpanuvchi kontaktlar, membranalar yasaladi. Latunlardan har xil tok o'tkazuvchan detallar yasaladi.

Aluminiy yuqori elektr o'tkazuvchanligi, plastikligi va kam zichligi bilan xarakterlanadi. O'ta toza aluminiy-A999, A995 va yuqori tozalikdagi aluminiy A99, A95 ishlab chiqariladi. Bulardan elektrolitik kondensatorlar, kabellarning himoya qobiqlari yasaladi. Texnikaviy aluminiydan-A85, A7 kabellar va tok o'tkazuvchi shinalar yasaladi. Elektr uzatuvchi tizimlar uchun alumin qotishmasi Al-Mg-Si ishlatiladi, yuqori puxtalikka ega. Qobiq galvanik usulda yoki blakirovka usulida olinadi. Temirning o'tkazuvchanligi ancha past, lekin mustahkamligi yuqori (300÷700MPa). Bu uni oqlaydi. Asosan kam uglerodli (C=0,1–0,15%) va oddiy sifatli po'latlar (Ст0,Ст1,...Ст6) ishlatiladi. Bulardan tok shinalari, tramvay, metro temir yo'llari (elektropoyezdlar) relslari yasaladi.

Ko'rsatgichlar	Ag	Au	Cu	Al
Zichlik,kg/m <sup>3</sup>	10500	19300	8900	2700
Erish harorati,°C	960	1063	1084	658
Elektr qarshilikning haroratli koeffitsiyenti, $\alpha \cdot 10^3 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	3,6	0,4	4,5	4,3
Nisbiy elektro qarshilik, r, mk Om*m	0,016	0,024	0,018	0,027

Qo'shimchalarning borligi tok o'tkazuvchanlikni ancha pasaytiradi. Masalan misning o'tkazuvchanligini kremniy va marganetsning ozgina miqdori ham ancha pasaytiradi. Puxtalanish ham o'tkazuvchanlikni ancha pasaytiradi: masalan: shtamlash, kiryalash usullarida olingan mahsulotlar.



**O'ta o'tkazgichlar.** Ba'zi metallar (30 xil elementlar) va qotishmalar (10000 xil) absolyut nol haroratiga yaqin haroratda o'ta o'tkazgich holatiga o'tadilar. Bunda nisbiy elektroqarshilik yo'q hisobida bo'ladi:  $r=10^{-25}\text{Om}\cdot\text{m}$ . (O'tkazgichlarda eng kam qarshilik  $r=10^{-15}\text{Om}\cdot\text{m}$ ).

Materialning o'ta o'tkazgich holatiga uning haroratiga ( $T_k$ ), fizik xossalariga, materialning tozaligiga, kristallik panjarasining nuqsonlik darajasiga bog'liq.

Ma'lum kuchlanishdagi magnit maydoni ( $N_k$ ) ta'sirida o'ta o'tkazishlik yo'qoladi. Bunda magnit maydonini tashqi manbaidan ham, o'ta o'tkazgichdan o'tayotgan elektr toki vositasida ham barpo qilish mumkin.

Eng ko'p tarqalgan o'ta o'tkazgich qotishmalariga quyidagilar kiradi: Nb-Zr; Nb-Ti; V-Ti; Ta-Ti. Markalanishi: 65BT va 35BT (Gost 10994-74). 65BT da 22-26% Ti, 63-68% Nb va 8,5-11,5% Zr bor.  $T_{kr}=9,7\text{K}(-263,3^\circ\text{S})$ . 35BT da 60-64%.


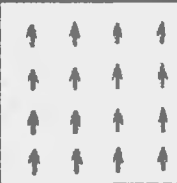

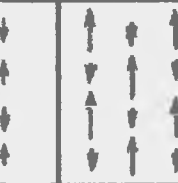
### ***Sinov savollari:***

1. Qanday qotishmaga elektrotexnik po'lat deyiladi?
2. E13-harf va raqamlar nimani belgilaydi?
3. Qanday metallga dielektrik deyiladi?
4. Qattiq va yumshoq magnitli metallarni bir-biridan farqi nimada?
5. Qanday materiallarga magnitli materiallar deyiladi?
6. Misollar bilan izohlang.
7. Yarimo'tkazgichlarning asosiy vazifalari nimalardan iborat?

## 11-BOB. MAGNITLI MATERIALLAR

### 11.1. Magnit materiallar haqida umumiy ma'lumotlar

Magnit materiallar yordamida magnit oqimi keskin kuchaytiriladi. Magnit oqimidan past kuchlanishli toklar yuqori kuchlanishli toklarga, yoki elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda va elektr energiyasini shunga o'xshash tarzda generatsiyalashda foydalaniladi (11.1-rasm).

			
Paramagnetik	Ferromagnetik	Antiferromagnetik	Ferrimagnetik

11.1-rasm. Turli magnit tabiatli moddalarning  $0^{\circ}\text{K}$  da qo'shni atom magnit momentlari.

Tashqi magnit maydoni ta'sirida magnitlanish xossasiga ega materiallar magnit materiallari deb ataladi. Asosiy magnit materiallarga nikel, kobalt va toza temir asosidagi turli qotishmalar misol bo'ladi (11.2-rasm). Texnika ahamiyatga ega magnit materiallarga ferromagnit materiallar va ferromagnit kimyoviy birikmalar (ferritlar) kiradi.<sup>24</sup>

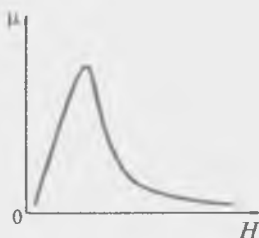
<sup>24</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2007. 408-bet.



**11.2-rasm. Ferritlar.**

Materiialarning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki harakatida bo‘lib, bunda zaryadlar elementar aylanma tok ko‘rinishida ifodalanadi. Bunday aylanma toklar elektronlarning o‘z o‘qi atrofiga aylanishi (elektron spinlar) hamda ularning atom ichida orbita bo‘ylab aylanishidan hosil bo‘ladi. Ferromagnit hodisasi ba’zi materiialarning ichki mikroskopik qismida kristall strukturalar tashkil qilishi bilan bog‘liq bo‘lib, bunday strukturalar magnit domenlari deyiladi. Bunda elektron spinlar o‘zaro parallel ravishda bir tomonga yo‘nalgan bo‘ladi.

Jismning ferromagnitlik holatda bo‘lishini ifodalovchi xususiyati tashqi magnit maydoni ta’sirida uning o‘z-o‘zidan (spontan) magnitlashishidan iboratdir. Ferromagnit magnit momentlarining ba’zi domenlari ichidagi spinlar turli yo‘nalishga ega bo‘lishi mumkin (11.3-rasm). Tashqi muhitda bo‘lgan bunday materiialarning umumiy magnit oqimi nolga teng bo‘ladi.<sup>25</sup>

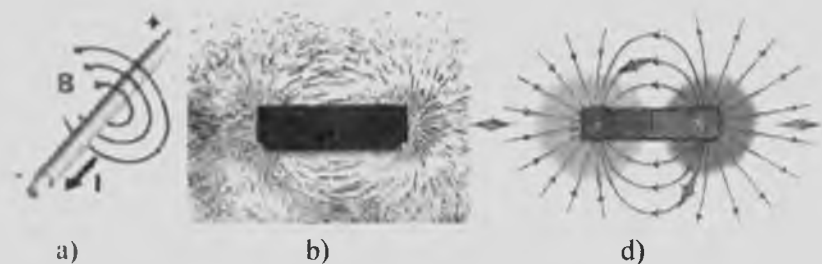


**11.3-rasm. Nisbiy magnit singdiruvchanlikni  $H$  ga bog‘liqligi.**

<sup>25</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 182-bet

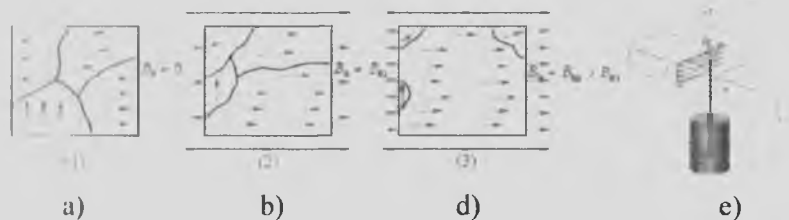
Ba'zi materiallar (qatlam chegaralari orasidagi qalinlik bir necha o'n-yuz atom masofasiga teng bo'lganda) da domenlarning o'lchami taxminan  $0,001-10 \text{ mm}^3$  oralig'ida bo'ladi. O'ta toza materiallarda esa domenlarning o'lchami yuqorida keltirilgan qiymatdan ham kattaroq bo'ladi.

Ferromagnit moddalarning monokristallari magnit anizotropiyasi bilan xarakterlanadi. Magnit anizotropiyasi turli o'qlar yo'nalishida magnitlanishning turli qiymatlari bilan ifodalanadi (11.4-rasm).



11.4-rasm. Moddalarning magnit xossalari.

Polikristall magnetiklarda anizotropiya keskin ifodalangan hollarda ferromagnitik magnit teksturaga ega bo'ladi (5.5-rasm). Kerakli magnit tekstura olish orqali materialda ma'lum yo'nalishda yuqori magnit xarakteristikaga erishishi mumkin.



11.5-rasm. Ferromagnit materiallarning magnitlanishi.

Lashqi magnit maydoni ta'sirida ferromagnit materialning magnitlanish jarayoni quyidagicha kechadi: 1) magnit momenti maydon yo'nalishi bilan kichik burchak hosil qilgan domenlar kattalashadi va boshqa domenlar o'lchami kichrayadi; 2) magnit momentlari may-

don yoʻnalishi uzra buriladi va bir xil yoʻnalishga ega boʻladi. Magnit toʻyinishi domenning kattalashishi toʻxtaganda va oʻz-oʻzidan magnitlangan barcha monokristall qismlarning magnit momenti maydon uzra yoʻnalganida sodir boʻladi.

Ferromagnit monokristallari magnitlanayotganda ularning chiziqli oʻlchamlari oʻzgaradi. Bu hodisa magnit-striksiya deyiladi. Temir monokristallining magnit-striksiyasi kristallning har xil yoʻnalishlarida turlicha boʻladi.

Ferromagnit materialining magnitlanish jarayoni gisterezis egri chizigʻi  $B(H)$  bilan ifodalanadi va u barcha ferromagnitlarda bir-biriga oʻxshash boʻladi (5.6-rasm).



**11.6-rasm. Magnit material  $B(H)$  oʻzgarish grafigi a) va gisterezis sirtmogʻining haroratga boʻliqligi b<sup>26</sup>.**

Materiallarning nisbiy magnit singdiruvchanligi magnit induksiya ( $B$ ) ning magnit maydoni kuchlanganligiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H}$$

Magnit materiallarning magnit singdiruvchanligi birdan yuqori  $m_r \gg 1$  ( $m_r = m_0 \times m$ ,  $m_0 = 1,2566 \times 10^{-6}$  Gn/m) boʻladi.

<sup>26</sup> Callister, William D., Materials science engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ – Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc. – 2007. 410-bet.

ferromagnit materiallarning magnit singdiruvchanligi haroratga bog'liq bo'lib, Kyuri nuqtasiga yaqin qiymatlarda  $m_r$  o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Kyuri nuqtasidan yuqori haroratlarda spontan magnitlanish sohasida issiqlik harakati buzilib, materialning magnit xossasi yo'qoladi. Chulg'amda magnit o'zak bo'lmaganda magnit induksiya qiymati undan o'tayotgan tok hisobiga sodir bo'ladi. Agar chulg'amga magnit o'zak kiritsak, elektr toki hisobiga sodir bo'ladigan magnit maydoni o'zakni yanada magnitlab, qo'shimcha kuch chiziqlari hosil bo'lishi natijasida magnit induksiyasining yoki magnit oqimining keskin oshishiga olib keladi. O'zak kesim yuzasidan hosil bo'ladigan qo'shimcha kuch chiziqlari qayta magnitlanish deyiladi va  $i$  bilan belgilanadi.<sup>27</sup>

Bu qiymat magnit maydon kuchlanganligi ( $H$ ) va magnit materiali sifatini ( $x$ ) ga yoki jismning magnit qabul qilish koeffitsiyenti  $j=xH$  ga bog'liq. Chulg'amga magnit o'zak kiritilgandan so'ng magnit induksiyasining ko'paygan qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$B = \mu_0(H + j) = \mu_0(H + xH) = \mu_0 H(1 + x) = \mu H,$$

hunda,  $m = m_0(1+x)$  – magnit materialining magnit singdiruvchanligi.

Magnit materialini sifatini aniqlashda nisbiy magnit singdiruvchanlik kattaligidan foydalaniladi:

$$\mu = \mu / \mu_0 = 1 + x$$

Magnit singdiruvchanlik chulg'amga magnit o'zak kiritilganda magnit oqimining ko'payishini bildiradi. Bu yuksalish bir necha o'n ming martagacha ortadi.

Uzunligi  $L$ , kesim yuzasi  $S$  bo'lgan o'zakning magnit qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_\mu = L / \mu S = L / \mu \cdot \mu_0 S.$$

Shunday qilib, g'altakka o'zak kiritilishi natijasida magnit qarshiligi  $m$  ga bog'liq ravishda kamayadi.

---

<sup>27</sup> Bijay\_Kumar Sharma.,Electrical and Electronic Materials Science./ - OpenStaxCNX,/ Indiya – 2014, 182-bet.

Magnit singdiruvchanligi bo'yicha barcha qattiq jismlar sust (diamagnit  $m < 1$ , paramagnit  $m < 1$ ) va kuchli magnit materiallarga (ferromagnit  $m \gg 1$ ) bo'linadi. Magnit materiallari sifatida kuchli magnit materiallar qabul qilinib, ular magnit maydon kuchlanganligiga kuchli ravishda bog'liq bo'ladi. Magnit induksiyasi  $B$  va magnit maydon kuchlanganligi  $H$  o'rtasidagi bog'liqlik [ $B=f(H)$ ] magnit materialining magnitlanish egri chizig'i deb ataladi. Bunda magnit materiali  $H=H_T$  qiymatda to'yinadi.

Magnit singdiruvchanlikning haroratga qarab o'zgarishi magnit singdiruvchanlikning harorat koeffitsiyenti bilan aniqlanadi:

$$TK\mu_r = \alpha\mu_r = (1/\mu_r t)(d\mu_r / dt).$$

Agar ferromagnit tashqi magnit maydoni ta'sirida asta-sekin magnitlansa va ma'lum qiymatdan so'ng maydon kuchlanganligi pasaytira borilsa, induksiya ham kamaya boradi. Lekin bu kamayishi asosiy chiziq bo'ylab emas, balki ma'lum kechikish bilan (gisterizis hodisasi tufayli) ro'y beradi. Maydon kuchlanganligi teskari yo'nalishda oshirilganda material magnitsizlanishi, o'ta magnitlanishi mumkin va magnit maydon yo'nalishi yana o'zgartirilsa, induksiya yana asl holatiga qaytadi, ya'ni gisterizis halqasi paydo bo'ladi.<sup>28</sup>

Magnit material bo'lmaganda o'ramlari soni  $n$  ta bo'lgan sim chulg'amidan tok o'tkazish orqali magnit oqimi hosil qilish mumkin. Agar o'ramdagi simning kesim yuzasi  $S$ , chulg'am uzunligi  $L$  bo'lsa, magnit oqimi  $F$  quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \mu_0 n j S / L$$

yoki boshqacha ko'rinishda:

$$F = F / R_\mu V b,$$

bunda,  $F$  – magnit yurituvchi kuch,  $A$ ;  $R_m = L / \mu_0 S$  – magnit qarshilik,  $Gn^{-1}$ .

---

<sup>28</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition, USA, 2009. 185-bet

Magnit oqimining zichligi yoki magnit induksiyasi:

$$B = F / S = \mu_0 H V b / m^2.$$

Magnit materiali uchun chizilgan  $B=f(H)$  xarakteristikadan foydalanib, magnit singdiruvchanlik  $m_r$  ning magnit maydon kuchlanganligi ( $H$ ) ga bo'lgan bog'liqligi aniqlanadi.

Agar magnit maydon kuchlanganligi va magnit induksiyalari nolga teng bo'lsa, ularning nisbati mavhum bo'lib qoladi. Tajribadan aniqlanishicha, kuchsiz magnit maydonida  $m_r$  qiymati ma'lum boshlang'ich singdiruvchanlik  $m_{rh}$  ga intiladi. Magnit maydonining ma'lum qiymatida magnit singdiruvchanlik ( $m_{rmax}$ ) o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Maydon kuchlanganligi yanada oshirilsa, magnit materialining qiymati pasaya boradi.

Demak, magnit materialida magnit singdiruvchanlik o'zining aniq bir qiymatiga ega bo'lmay, balki magnit maydon kuchlanganligiga juda ham bog'liq ekan. Shu sababli, magnit materialining  $m_r$  qiymati keltirilganda magnit maydon kuchlanganligi ( $H$ ) ham ko'rsatilishi shart.

Magnit maydon kuchlanganligi o'zining  $H_m$  qiymatidan kamaytirilsa, (induksiya  $B_m$  gacha), gisterezis hodisasi kuzatiladi, ya'ni magnit induksiyasining kechikishi maydon kuchlanganligining o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lganida magnit induksiyasi qandaydir qoldiqqa ega bo'lib, u induksiya qoldig'i ( $B_r$ ) deyiladi. Induksiya qoldig'iga magnit maydon kuchlanganligining teskari yo'nalishida, uning  $H=0$  qiymatida erishiladi, bunda  $H$  koersitiv kuch deb ataladi.<sup>29</sup>

Agar xarakteristikada maydon kuchlanganligi –  $H_{max}$  qiymatidan +  $H_{max}$  qiymatigacha qaytarilsa, magnit maydonining gisterezis halqasi kelib chiqadi. Gisterezis hodisasida atomlarining o'z o'qi atroflida aylanishi natijasida materialda ichki ishqalanish sodir bo'ladi. Bu hodisa, gisterizisda sodir bo'luvchi energiya isrofi deb ataladi. Ferromagnitliklarning o'zgaruvchan magnit maydonida qayta magnitlanishi issiqlik energiyasi isrof bo'ladi. Magnit materiali massa-

---

<sup>29</sup> Bijay\_Kumar Sharma.,Electrical and Electronic Materials Science./ - OpenStaxCNX,/ Indiya – 2014, 186-bet.



sida induksiyalangan *quyuq tok* dielektrik isroflarni keltirib chiqaradi. Quyuq tokda sodir bo'ladigan isroflar ferromagnetikning elektr qarshiligiga bog'liq magnit materialidagi umumiy energiya isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_m = P_h + P_i.$$

Kuchsiz toklar sohasida quyidagi qiymatdan foydalaniladi:

$$Q = \omega L / r,$$

bunda,  $\omega$  – burchak chastota, Gs;  $L$  – chulg'am induktivligi, Gn;  $r$  – o'zakkdagi ekvivalent qarshilik, Om.

Magnit materialidagi energiya isrofining qiymati  $B=f(H)$  xarakteristikasidagi gisterezis halqa yuzasi bilan aniqlanadi. Magnit materialidagi energiya isrofi chastota ortishi bilan keskin ko'payadi. Bu esa yuqori chastotaga mo'ljallangan magnit materiallari ishlab chiqarishda katta qiyinchiliklar tug'diradi.  $P_m$  ni kamaytirish maqsadida qiymati yuqori bo'lgan magnit materiallar qo'llaniladi. Magnit materialining asosiy xarakteristikasini ifodalovchi  $m_r$  qiymati maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'lib, material qizishi natijasida bu qiymat keskin kamayadi. Kyuri nuqtasida material o'zining ferromagnitlik xossasini yo'qotadi  $m \approx 0$ . Bundan tashqari, chastota ortishi natijasida materialda sodir bo'ladigan quyun toki hisobiga magnitsizlanish ro'y beradi.<sup>30</sup>

Ferromagnit turkumdagi asosiy materiallarning magnit xususiyatlari 11.1-jadvalda keltirilgan.

11.1-jadval

Metall	$\mu_{\max}$	$\mu_{0j\max} \text{ Bb/m}^2$	$H_c, \text{A/m}$	$B_p, \text{B}_0/\text{m}^2$	Kyuri nuqtasi, °C
Temir	10000–15000	2,163	0,0015–0,004	1,1	787
Nikel	1120	0,64	0,012	0,33	358
Kobalt	174	1,77	0,10	0,34	1115

<sup>30</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.-2007. 413-bet.

## 11.2. Yumshoq magnit materiallar

Magnit materiallar yumshoq va qattiq turlarga bo'linadi. Yumshoq magnit materiallardan magnitli o'tkazgichlar tayyorlanadi. Bu materiallarning magnit singdiruvchanligining boshlang'ich qiymati katta bo'lishi kerak. Yumshoq magnit materiallarida solishtirma qarshilik nisbatan katta qiymatga, koersitiv kuch ( $H < 0,1$  A/m) esa kichik qiymatga ega bo'lishi kerak. Bu materiallarga sof temir, temirning kremniy, nikel va kobalt bilan qotishmalarini misol tariqasida keltirish mumkin.

Texnik sof temir (qo'shimchalari 0,1%) oddiy pechlarda olinadi. Uning ayrim magnit xossalari 11.2-jadvalda keltirilgan. Bu temir o'zgaruvchan tok zanjirida ishlatiladigan elektr magniti yoki rele uchun o'zaklar tayyorlashda ishlatiladi. Ular varaq yoki silindr shaklida yupqa (0,2–4mm) qilib tayyorlanadi.

### Turlicha ishlov berilgan temirning tarkibi va magnit xossalari

11.2-jadval

Material	Qo'shimchalarning miqdori,%		Magnit xossalari		
			Magnit singdiruvchanlik		Koersitiv kuch, $H_c$ , A/m
	uglerod	kislorod	$\mu_{rb}$	$\mu_{rv}$	
Texnik sof temir	0,020	0,060	250	7000	64,0
Elektrolitik temir	0,020	0,010	600	15000	28,0
Karbonil temir	0,005	0,005	3300	21000	9,4
Vakuumda eritilgan elektrolitik temir	0,010	-	-	61000	7,2
Vodorodda ishlov berilgan temir	0,005	0,003	6000	200000	3,2
Vodorodda yaxshilab ishlov berilgan temir	-	-	20000	340000	2,4

Texnik sof temir (qo'shimchalari 0,02%) ning asosiy fizik xossalari quyidagicha:

Zichligi.....	7880kg/m <sup>3</sup>
Erish harorati.....	1539°C
Solishtirma issiqlik sig'imi.....	0,46KJ/kg×K
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.....	71,5 Vt/m×K
Chiziqli kengayish koeffitsiyenti .....	11,6×10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Solishtirma qarshiligi.....	0,1 mkOm×m
Qayishqoqlik moduli.....	210 MPa
Kyuri nuqtasidagi harorat.....	770°C

O'zgarmas tokda ishlaydigan elektr mashinasida qo'llaniladigan temir tarkibida C, Si, Mn kabi qo'shimchalarning miqdori 1,2–1,5% gacha, kam legirlangan po'lat tarkibida esa C, Ni, Cr larning miqdori 2,5–5% gacha bo'ladi. Bu materiallarda mexanik mustahkamlik o'sishi bilan bir qatorda, magnitlanish xususiyati bir muncha yomonlashadi.<sup>31</sup>

Elektrolitik temir texnik sof temirni elektroliz qilish usuli orqali olinadi. Bunday temirning tarkibidagi qo'shimchalarning umumiy miqdori 0,05% dan oshmaydi. Elektrolitik temirga ishlov berib, zaralarining o'lchami 50–100mkm bo'lgan kukun olinadi. Bu kukunni bosim ostida ishlash orqali undan o'zaklar tayyorlanadi. Ular chastotasi 100–1000Gs atrofida bo'lgan asboblarda qo'llaniladi.

Karbonil temir pentakarbonil [Fe<sub>2</sub>(CO)<sub>5</sub> suyuqligi] ni 200–250°C haroratda kimyoviy parchalash orqali olinadi. Karbonil temir mayda kukun ko'rinishida bo'lib, undan yuqori chastotali magnit o'zaklar tayyorlanadi. Kichik shar shakldagi zarrachalar o'zakda sodir bo'ladigan quyun toki miqdorini keskin kamaytiradi.

Vodorodda 1480°C da 30–40 daqiqa davomida kuydirilgan sof temir birikmasidan uglerod va kislorod ajralib chiqadi:



Mazkur temir o'ta tozaligi bilan ajralib turadi; kuchsiz magnit maydonida bu materialning m<sub>r</sub> qiymati yuqori bo'ladi. Temir monokristalli o'ta yuqori magnitlanish xossasiga ega.

Kremniyli elektr texnik po'lat temir va kremniy qotishmasidan iboratdir. Undan tayyorlangan listlar elektr texnik po'lat listlar deyila-

<sup>31</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 196-bet

di Bu po‘lat asosiy magnit materiallaridan biri bo‘lib, sanoat chastotasida ishlaydigan elektr mashina va apparatlarida keng qo‘llaniladi. Temir tarkibiga kremniy kiritishdan asosiy maqsad materialning solishtirma qarshiligini oshirish va undagi quyun toki miqdorini cheklashdan iboratdir. Kremniy elementi temirning magnit xossalarini deyarli o‘zgartirmagan holda  $P$  qiymatini sezilarli darajada oshiradi.

### Elektr texnik po‘latlarning tarkibidagi kremniy miqdoriga nisbatan zichligi va solishtirma qarshiligi

11.3-jadval

Po‘latning kremniy bilan legirlanish darajasi	Markasidagi ikkinchi raqam	Zichligi, $\times 10^3$ kg/m <sup>3</sup>	Solishtirma elektrik qarshiligi mkOm $\times$ m
Legirlanmagan	0	7,85	0,14
Kam legirlangan	1	7,82	0,17
O‘rtachadan kam legirlangan	2	7,80	0,25
O‘rtacha legirlangan	3	7,75	0,40
Yuqori darajada legirlangan	4	7,65	0,50
O‘ta yuqori darajada legirlangan	5	7,55	0,60

Elektr texnik po‘latning fizik xossalari:

Zichligi.....7800kg/m<sup>3</sup>

Tarkibidagi kremniy miqdori.....0,4–2,8%

Solishtirma qarshiligi .....(0,14–0,50) $\times 10^6$  Om $\times$ m

Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti.....0,46–0,25Vt/(m $\times$ K)

Po‘lat o‘ram, varaq va tasma ko‘rinishida ishlab chiqariladi. Ular izolyatsiya qoplamlari bo‘lib ham chiqariladi. Po‘latlar apparat, transformator, elektr mashinasi va asboblarning magnit zanjirlarida qo‘llaniladi. Teksturlangan po‘latlar transformatorlar o‘zagi uchun ishlatiladi. Bunday po‘latdan foydalanish quvvatli transformatorlar hajmi va tashqi o‘lchamini 20–25% kamaytirish imkonini beradi, radio transformatori hajmini esa 40% gacha kichraytiradi. Elektr texnik

po'latlarning tarkibidagi kremniy miqdoriga nisbatan zichligi va solishtirma qarshiligi 20-jadvalda keltirilgan.

*Permalloy* temir-nikel qotishmasi bo'lib, uning boshlang'ich magnit singdiruvchanligi nisbatan yuqoridir. Tarkibida nikel miqdori 70–83% bo'lgan permalloylar yuqori nikelli, 40–50% bo'lgan permalloylar esa past nikelli permalloylar deyiladi.

Tarkibida 2% molibden bo'lgan permalloyning  $p$  qiymati katta bo'lib, u yaxshi magnitlanish xususiyatiga egadir. Permalloydan qalinligi 0,1–0,5 mm li varaqlar tayyorlanadi. Kukun ko'rinishidagi permalloygga bosim ostida ishlov berib, o'zaklar tayyorlanadi. Bunday o'zaklar 100 kGs chastota bilan ishlaydigan uskunalarda qo'llaniladi.

*Alsifer* – temirning kremniy va aluminiy (9,5% Si, 5,6% Al, 84,9% Fe) bilan birgalikdagi qotishmasidir. Bu qotishma qattiq va mo'rt bo'lib, undan murakkab shaklli quymalar olinadi. Alsiferning asosiy xossalari:  $m_{r6} = 35500$ ,  $m_r = 120000$ ,  $H_r = 1,8$  A/m,  $r = 0,8$  mk $\times$ Om. Alsiferdan magnitli ekran, asboblarning ustki qismi va boshqa mahsulotlar quyish usuli bilan tayyorlanadi.<sup>32</sup>

Qo'llanilishi magnit xossalarning u yoki bu xususiyatlariga asoslangan materiallarni alohida turkumga kiritish mumkin. Bunday materiallarga quyidagilar misol bo'ladi: 1) maydon kuchlanganligi o'zgaranda magnit singdiruvchanligi juda kam o'zgaradigan qotishmalar; 2) magnit singdiruvchanligi haroratga kuchli ravishda bog'liq bo'lgan qotishmalar; 3) to'yintirish induksiyasi o'ta yuqori bo'lgan qotishmalar.

Birinchi turdagi qotishmalarning nomi perminvar bo'lib, uning tarkibida 29,4% Fe, 45% Ni; 25% Co va 0,6% Mn bor. Mazkur qotishma 1000°C da yumshatiladi, keyin 400–500°C da ushlab turiladi va asta-sekin sovitiladi. Perminvarning boshlang'ich magnit singdiruvchanligi 300ga teng. Perminvar harorat ta'siriga va mexanik kuchlanishlarga sezgir materialdir.

Ikkinchi turga Ni-Cu, Fe-Ni yoki Fe-Ni-Cr asosidagi termomagnit qotishmalar kiradi.

---

<sup>32</sup> T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009.201-bet

Uchinchi turga temir-kobalt qotishmalari kiradi. Tarkibida 50–70% Co bo‘lgan mazkur qotishmalar permendyurlar deb ataladi. Permendyurlarning narxi qimmatroq bo‘lganligi tufayli ulardan faqat maxsus apparatlarda, xususan, dinamik reproduktorlar, ossillograflar, telefon membranalarida foydalaniladi.

**Ferritlar.** Tarkibida, temirdan tashqari, ikki va undan ko‘p valentli metall (Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Mg) oksidlari ham bo‘lgan birikmalar ferritlar deyiladi. Ular qisman elektronli elektr o‘tkazuvchanlik xossasiga ham egadir. Ferritning kristall panjarasi kub shaklida bo‘ladi. Odatda, yaxlit ferrit tayyorlash uchun ferrit kukuniga polivinil spirti plastifikatori qo‘shiladi va bu massa yuqori bosimda qoliplanadi. Uning solishtirma qarshiligi sof temirning solishtirma qarshiligiga nisbatan  $10^5$ – $10^6$  barobar yuqoridir. Shu sababli, ferritda quyun toki hisobiga sodir bo‘ladigan isroflar keskin kamayadi va materialni yuqori chastotalarda ham ishlatsa bo‘ladi. Ferritning magnit singdiruvchanligi sof temirnikiga nisbatan  $10^2$ – $10^3$  barobar yuqori bo‘lganligi uchun undan tayyorlanadigan o‘zaklar hajmini keskin kichraytirish mumkin. Ferritdagi ( $m_{j,m}$ ) qiymatlar ferromagnit (yoki oddiy metall) dagiga nisbatan juda kichik bo‘lgani uchun, u past chastotali asboblarda ham qo‘llaniladi.

Ferrit tarkibi oddiygina qilib quyidagicha ifodalanadi:



bunda, M – ikki valentli biror metall.

Ferritlar tarkibidagi qo‘shimchalarga mis, rux, nikel-rux, marganes-rux misol bo‘ladi. Ular elektr texnikada keng miqyosda qo‘llanilmoqda. Ferritlarda Kyuri nuqtasidagi harorat ancha past, ya‘ni 100–150°C atrofida bo‘ladi. Uning solishtirma og‘irligi 3700–4800 kg/m<sup>3</sup> atrofida bo‘lib, asosiy xossalari 11.4-jadvalda keltirilgan.

11.4-jadval

Navi	$m_s$	$m$	$H_c, A/m$	$B_r, Tl$	$I_n, MGs$	$T_c, ^\circ C$	$r, Om \times m$
20000HM	15000	35000	0,24	0,11	0,1	110	0,001
6000HM	4800–8000	10000	8	0,11	0,5	130	0,1
1000HM	800–1200	1800	28	0,11	5	200	0,2

11.4-jadvalning davomi

1000HM 600HM	800 – 1200 500 – 800	3000 1500	24 40	0,10 0,12	3 5	110 110	10 100
2000HM1 700HM1	1700–2500 550 – 850	3500 1800	25 25	0,12 0,05	1,5 8	200 200	50 140
100B4 20B42	80 – 120 16 – 24	210 45	300 1000	0,15 0,1	80 300	400 450	10 <sup>5</sup> 10 <sup>6</sup>
300NN 9B4 200B4 50B43	280 – 350 9 – 13 180 – 220 45 – 65	600 30 360 200	80 500 70 100	0,13 0,06 0,11 0,14	20 600 — —	120 500 360 480	10 <sup>6</sup> 10 <sup>7</sup> 10 <sup>3</sup> 10 <sup>4</sup>

Ferritning gisterezis halqasi to‘g‘ri burchakka yaqin bo‘lishi uni maxsus apparatlarda qo‘llash imkonini yaratadi. Ferrit, asosan, aloqa, radiotexnika, hisoblash texnikasi, avtomatika asbob-uskunalarida keng miqyosda qo‘llaniladi.

Gisterezis halqasi to‘g‘ri burchakli ferritlar hisoblash texnikasi-ning xotira qurilmalari uchun asosiy material bo‘lib xizmat qiladi. Bunday materiallarning xossalari izohlash uchun qo‘shimcha maxsus parametrlar kiritiladi.

Bunday parametrlardan biri gisterezis halqasining to‘g‘ri burchakli ko‘effitsiyentidir:

$$K_n = B_r / B_{max}$$

bunda  $k_n$  qiymati iloji boricha birga yaqin bo‘lishi kerak. O‘zaklar tezda qayta magnitlanishi uchun ularning qayta ulanish ko‘effitsiyenti  $S$  kichik qiymatga ega bo‘lishi kerak. Ferrit o‘zaklarining xossalari 11.5-jadvalda keltirilgan.

**Ferrit o‘zaklarining xossalari**

11.5-jadval

Material	$H_c$ A/m	Br, Tl	$k_n$	$S_{g_r}$ mkKl/m	
Turli navdagi ferritlar	10–1200	0,15–0,25	0,9	25–55	110–630
Permalloyli o‘zaklar (tasmaning qalinligi 2–10 mkm)	8–50	0,6–1,5	0,85–0,9	25–100	300–630

Konstruksion choʻyan va poʻlatlar asbobsozlik, apparatsozlik va elektr mashinasozligida keng qoʻllaniladigan materiallardir. Magnit xossalari koʻra, ular magnitli (kulrang choʻyan, uglerodli va legirlangan poʻlat) va magnitsiz turlarga boʻlinadi.

Kulrang choʻyan tarkibida 3,2–3,5% uglerod, kremniy, marganes, fosfor va oltingugurt boʻladi. Bu materialning egilishdagi mustahkamligi 200–450 MPa. Undan elektr mashinalarning korpusi, asosi va shu kabi detallar tayyorlanadi.

Odatda, quymalar olishda tarkibida 0,08–0,2% uglerodi boʻlgan, uglerodli poʻlatdan foydalaniladi. Bunda quymalar 85–900°C haroratda sekin-asta yumshatiladi. Maxsus elektr mashinalarida, shuningdek, konstruksiyasi yengillashtirilgan mashinalarda nikel, vanadiy, xrom va molibden bilan legirlangan poʻlatlar ishlatiladi. Bu poʻlatlarning egilishdagi mexanik mustahkamligi 500–950 MPa oraligʻida boʻladi.

### 11.3. Qattiq magnit materiallar

Qattiq magnit materiallar tarkibi, holati va olinish usullariga koʻra quyidagicha tasniflanadi: 1) legirlangan martensit poʻlatlari; 2) quyma qattiq magnit qotishmalari; 3) kukunlardan tayyorlangan magnit; 4) qattiq magnitli ferritlar; 5) egiluvchan qotishmalar va magnit tasmalari. Qutblar orasida havo boʻshligʻi mavjud boʻlganida energiya-ning bir qismi magnit material hajmidan tashqaridagi maydon bilan bogʻliq boʻladi. Mazkur energiya qiymati boʻshliqning uzunligiga bogʻliq. Magnit qutblarining magnitsizlanishi hisobiga oraliqdagi induksiya  $B_d$  qoldiq induksiya  $B_r$  ga nisbatan kichikroq boʻladi.<sup>33</sup>

Havo oraligʻidagi solishtirma magnit energiyasi:

$$W_d = B_d H_d / 2,$$

bunda,  $H_d$  –  $B_d$  induksiyaga mos keladigan maydon kuchlanganligi.

---

<sup>33</sup> Bijay Kumar Sharma., Electrical and Electronic Materials Science./ - OpenStaxCNX./ Indiya – 2014, 193-bet.



Tutashtirilgan magnitda  $B_d = B_r$ ,  $H_d = 0$  bo'lgani sababli, mazkur energiya nolga tenglashadi. Agar qutblar oralig'i juda katta bo'lsa,  $B_d = 0$ ,  $H_d = H$  bo'lganligi sababli bunda ham energiya nolga intiladi.

Qandaydir  $B'_d$ ,  $H'_d$  qiymatlarda energiya o'zining eng yuqori qiymatiga erishadi:

$$W_{max} = B'_d \times H'_d$$

Bu ifoda bilan magnitdan eng yaxshi foydalanish imkoniyati aniqlanib, u o'zgarmas magnitlar tayyorlashda ishlatiladigan materiallarning sifatini aniqlaydigan muhim xarakteristika hisoblanadi.

Po'lat tarkibiga volfram yoki xrom kabi metallar kiritilsa, martensit tuzilishli material hosil bo'ladi. Bunda po'latning doimiy magnit eskirish jarayoni susayadi. Volframli po'lat tarkibida 0,6% C, 5–6% W, xromli po'lat tarkibida esa 1% C, 1,5–3% Cr bo'lib, ularning xossalari uglerodli po'latnikiga nisbatan ancha yaxshilangan. Mazkur materiallarning magnit xossalari:  $H_c = 0,45\text{--}0,5$  kA/m,  $B_r = 0,9\text{--}1,1$  Bb/m<sup>2</sup>,  $W_g = 0,9\text{--}12$  kJ/m<sup>3</sup>.<sup>34</sup>

Elektr texnikada magnit materiali sifatida ilk bor qo'llanilgan qotishma *aln* deb atalgan. Uning tarkibi 11–16% Al, 24–30% Ni, 54–65% Fe elementlaridan iborat. Alning  $H_c$  qiymati uglerodli po'latnikiga nisbatan 10 barobar yuqori. Juda qattiq material bo'lganligi sababli, alniga mexanik ishlov berib bo'lmaydi. Alnidan magnit quyish usuli bilan olinib, kerakli tuzilish sovitish jarayonida hosil qilinadi. Uning magnit xossalari quyidagicha:  $H_c = 4\text{--}4,5$  kA/m,  $B_r = 0,55\text{--}0,65$  Vb/m<sup>2</sup>,  $W_g = 5$  kJ/m<sup>3</sup>.

*Alniko qotishmasi* alniga o'xshash bo'lib, uning tarkibida 5–10% CO va 6% Cu qo'shimchalar bor. Alnikoning magnit xossalari:  $H_c = 4,0\text{--}4,5$  kA/m,  $B_r = 0,7\text{--}0,8$  Bb/m<sup>2</sup>,  $W_g = 6,0\text{--}7,0$  kJ/m<sup>3</sup>.

*Magniko qotishmasi* alnikodan tarkibidagi kobalt miqdorining nisbatan ko'pligi bilan (10% Al, 17% Ni, 24% CO, 6% Cu, 43% Fe) farqlanadi. Magnikoning magnitlik xossalari:  $H_c = 4,0\text{--}4,5$  kA/m,  $B_r = 1,2\text{--}1,3$  Bb/m<sup>2</sup>,  $W_g = 16\text{--}20$  kJ/m<sup>3</sup>.

<sup>34</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed. p. cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2007. 428-bet.

Qotishma magnit xossalari ning yaxshilanishi, uning tarkibi bilanlangina emas, balki maxsus ishlov berish – quymani kuchli maydon ta'sirida sovitish jarayoni bilan ham aniqlanadi.

Alni, alniko va magniko qotishmalarining kamchiligi ulardan aniq o'lchamli kichik mahsulotlar tayyorlashning mushkulligidir.

Platinali qotishmalar temir yoki kobalt tarkibiga 77–78% platina qo'shish orqali olinadi. Bu materialda  $H_c$  qiymati keskin oshib, induksiya qiymati esa pasayadi. Uning magnit xossalari (temirli qotishmada):  $H = 12,5 \text{ kA/m}$ ;  $B = 0,58 \text{ Bb/m}^2$ ;  $W = 12 \text{ kJ/m}^3$ ; kobaltlisida esa  $H = 21 \text{ kA/m}$ ,  $B_r = 0,45 \text{ Bb/m}^2$ ,  $W_g = 15 \times 10^3 \text{ kJ/m}^3$  platinali qotishmalarining qoldiq induksiyasi kichik qiymatga ega. Narxi balandligi sababli, bu materiallar maxsus apparatlarda juda kichik hajmli magnitlar tayyorlashda qo'llaniladi.

Ayrim materiallarni doimiy magnit xossalarini anglatuvchi mexanizmni bilish ma'lum magnit xossali materiallarni yaratish imkoniyatini beradi. Masalan, keramikani kimyoviy tarkibini o'zgartirib magnit xossalarini boshqarish ko'rib chiqilgan.

Ushbu mavzuni o'rganib chiqib quyidagi masalalarni yecha olishingiz kerak:

1. Agar bir qator moddalarni magnitlanishga moyilligi va ta'sir etuvchi magnit maydoni aniq bo'lsa, ularni magnitlanishini aniqlang.

2. Moddani ning elektron tuzilishi tasarrufidan kelib chiqqan holda uning ikkita magnit momentini manbasini aniqlang va qisqacha ta'riflang.

3. Qisqacha a) diamagnetizm; b) paramagnetizm; d) ferromagnetizm tabiatini va manbasini tushuntiring.

4. Kristall tuzilishni xususiyatlaridan kelib chiqqan holda ferritning kub kristallaridagi ferrimagnetizmning tabiatini tushuntiring.

5. a) magnit gisterezis hodisasini ta'riflab yozing; b) nega gisterezis ferromagnit va ferrimagnit materiallarda kuzatiladi; d) tushuntiring, nega bu materiallar doimiy magnitlarni tayyorlash uchun qo'llaniladi.

6. Yumshoq va qattiq magnit materiallarga xos magnit xossalarni yozib tushuntiring.

7. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasini ta'riflab yozing.

## 11.4 Magnitli materiallarning asosiy ko'rinishlari

Magnetizm hodisasining mazmuni shundan iboratki, ba'zi moddalar boshqa moddalarni tortish, itarish yoki ta'sir o'tkazish kuchiga ega. Bu hodisa ming yillardan beri ma'lum. Biroq, bu magnetizm hodisasining negizini tashkil etuvchi uslublar va mexanizmlar fenomenini tushuntiruvchi omillari nozik masala bo'lib, yaqin kunlarga cha olimlar bu hodisa haqida to'liq tushunchaga ega emasdilar.

Ko'pgina zamonaviy texnik qurilmalar magnetizm hodisasi va magnit materiallarni qo'llash asosida barpo etilgan. Bular: kuchlanish elektrogeneratorlari va transformatorlar, elektrodvigatellar, radio va televideniya, telefonlar, kompyuterlar, tovush va video texnika sistemalari.

Magnit xossalari quyidagi yaxshi ma'lum bo'lgan moddalarda aks etadi, bu temir, ba'zi po'latlar, tabiiy temir zaxiralari. Magnit maydoni barcha moddalarga ko'p yoki kam miqdorda bo'lsa ham ta'sir o'tkazishi, hammaga ham yaxshi ma'lum emas.

Mazkur bobda magnit maydonlar hosil bo'lishining qisqacha tasnifi beriladi, magnit maydonlar bilan bog'liq turli vektor kattaliklari muhokama qilinadi, magnit xossalarini ifodalovchi parametrlar va dia-, para-, ferro-, ferrimagnetizm kabi hodisalar ko'riladi. Undan tashqari magnit materiallardan misollar keltirilib, o'ta o'tkazuvchanlik hodisasi yoritiladi.

**Magnit dipoli.** Magnit kuchlari elektr quvvatlangan zarrachalar harakati natijasida paydo bo'ladi. Bu kuchlar birlamchi bo'lmish elektrostatik kuchlarga nisbatan ikkilamchidir. Magnit kuchlarni maydonlar nuqtayi nazari tomonidan izohlash qulay. Bunda bu kuchlarni omil oldidagi harakat yo'nalishlari ko'rsatuvchi kuchlanish chiziqlari xayolan nazarda tutiladi. Magnit maydon strukturasi kuchlanish chiziqlari bilan aks ettiriladi. 11.7-rasmda elektr toki aylanasi va magnitlangan naycha atrofidagi kuchlanish chiziqlari ko'rsatilgan.

**Magnit xossalari.** Aniqlanishicha, xuddi elektrik dipollar mavjud bo'lgani kabi, magnitli moddalarda magnit dipollar mavjud. Magnit dipollarga shimoliy va janubiy polyuslarga ega, xuddi elektrik dipollarda manfiy va ijobiy zaryadlar roliga o'xshash vaziri-

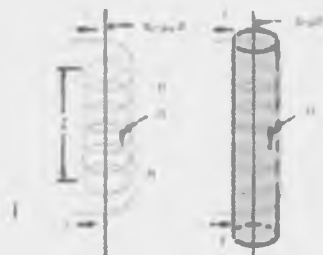
lari bajaradigan kichik doimiy magnitlar sifatida qaralishi mumkin. Kuzatilganda magnit dipollar momentlari strelkalar bilan ko'rsatiladi (11.8, 11.9-rasm)<sup>35</sup>.



11.7-rasm Elektr toki aylanasi va magnitlangan naycha rofidagi kuchlanish chiziqlari strukturasini.



11.8-rasm. Magnit momentini yo'nalishi.



11.9-rasm. a-silindrik g'altak yordamida yaratilgan magnit maydoni kuchlanishi  $N$ , undan o'tkazilayotgan tok  $I$ , halqalar soni  $N$  va g'altak uzunligiga bog'liq.

Magnit maydoni magnit dipollarga xuddi elektrik maydon elektrik dipollarga ta'sir o'tkazgani kabi ta'sir etadi. Magnit maydon mavjudligida, bu maydon dipollarni ma'lum jihatdan yo'naltirishga harakat qiluvchi momentni vujudga keltiradi. Mazkur effektga yorqin misol - yer kurrasining magnit kuchlanish chiziqlariga mos holatda kompasning magnit strelkalari harakatidir.

**Magnit maydon vektorlari.** G'altakdagi magnit maydoni kuchlanishi-halqalar soni, tok miqdori va g'altak uzunligiga bog'liq. Qattiq materiallarda magnit momentlarni yaralishini muhokama qilishdan avval, maydon vektorlari tushunchasiga asoslangan magnit maydoni tasnifini ko'rib chiqamiz. Keltirilgan tashqi magnit maydoni magnit maydon kuchlanishi kuchi bilan ifodalanadi va  $N$  harfi bilan belgilanadi.

<sup>35</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed. p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 805-bet

Agar magnit maydon, jipslab oʻralgan halqalardan  $N$  tashkil topgan silindrik gʻaltak (solenoid) yordamida yaratilsa, gʻaltak halqalari uzunligi  $l$  ga teng va undan  $I$  miqdorida tok oʻtkazilsa, magnit maydon kuchlanishi quyidagicha ifodalanadi:

$$H = \frac{NI}{l} \quad (11.1)$$

**Magnit induksiyasi.** Tok halqasi yoki magnitlangan naycha yordamida yaratilgan magnit maydoni  $N$  bilan ifodalangan.  $N$  maydoni kuchlanishi – ( $A$ -halqa) $\cdot m$  yoki  $A/m$ .

Magnit induksiyasi (baʼzida magnit oqimining zichligi ham deyiladi)  $V$ -belgisi bilan ifodalanib,  $N$  kuchlanish taʼsirida boʻlgan tashqi moddada sodir boʻluvchi ichki maydondagi kuchlanishni bildiradi  $V$  belgisi Teslada oʻlchanadi (yoki Veber/ $m^2$ ,  $V/m^2$ ). Ikkala  $V$  va  $N$  ts oʻlcham ham vektorlardir, chunki ular nafaqat oʻlchamda, balki sathdagi yoʻnalishi bilan ham ifodalanadi. Magnit maydon kuchlanishi va magnit induksiya quyidagi nisbat bilan bogʻliqdir:

$$B = \mu H \quad (11.2)$$

Magnit induksiyasi – magnit oqimining zichligidir. 11.3.a-rasmda mazkur gʻaltakning tuzilish sxemasi koʻrsatilgan 11.1-rasmdagi tok halqasi yoki magnitlangan naycha yordamida yaratilgan magnit maydoni  $N$  bilan ifodalangan.  $N$  maydoni kuchlanishi – ( $A$ -halqa) $\cdot m$  yoki  $A/m$  parametri magnit oʻtkazuvchanlik deyiladi: bu  $N$  kuchlanishli magnit maydon ichidagi moddaning individual xossasi boʻlib, unda  $V$  miqdori oʻlchanadi. Magnit oʻtkazuvchanlik Veber/ $A\cdot m$  ( $Vb/A\cdot m$ ) yoki Genri/ $m$  ( $Gn/m$ ) da ifodalanadi.

$$B_0 = \mu_0 H \quad (11.3.)$$

Bu yerda,  $\mu_0$  – vakuum oʻtkazuvchanligi, universal konstanta boʻlib  $4 \pi \times 10^{-7}$  ( $1.257 \times 10^{-6}$ ) $N/m$  teng boʻladi.  $V_0$ – nisbati bu vakuumdagi magnit induksiyadir. Moddadagi magnit induksiya – magnit oʻtkazuvchanlik va magnit maydonning kuchlanishi oqibatidir.

Materialning magnit xossalarini sharhlashda turli xil parametrlar ishlatilishi mumkin, ulardan biri – muhitning magnit o'tkazuvchanligi vakuumning o'tkazuvchanligi orasidagi munosabat yoki,

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (11.4)$$

Bu yerda,  $\mu$  belgisi nisbiy o'tkazuvchanlikni bildirib, cheksiz kattalikdir.

Materialning magnit o'tkazuvchanlik yoki nisbiy magnit o'tkazuvchanlik, materialni qaysi darajagacha magnitlash mumkinligining me'yoridir, bil'aks moddada  $N$  tashqi magnit maydoni ta'sirida  $V$  maydonining holatini belgilaydi.

**Vakuumdagi magnit induksiya.** Magnit xossalaridan yana biri-bu magnitlanganlik  $M$ . Quyidagi nasbat bilan aniqlanadi:

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M \quad (11.5)$$

Tashqi maydonni  $N$  qo'llaganda moddadagi magnit momentlar mazkur maydonga qarab orientatsiya qiladi va o'zlarining magnit maydonlari bilan uni kuchaytiradi.

**Nisbiy magnit o'tkazuvchanlik tushunchasi**  $M$  o'lchami tashqi maydon kuchlanishiga mutanosibdir.

$$M = \chi_m H \quad (11.6)$$

Yuqoridagi nisbatda keltirilgan  $\chi_m$  o'lchami, magnit ta'sirchanligi deb ataladi, bu o'lcham chegarasiz. Magnit ta'sirchanlik va nisbiy magnit o'tkazuvchanlik oddiy nisbat bilan bir-biriga bog'liq:

$$\chi_m = \mu - 1 \quad (11.7)$$

Materiallarning dielektrik xarakteristikalarini bilan yuqorida ko'rib olingan magnit xossalarini parametrlari o'rtasida o'xshashlik mavjud  $V$  va  $N$  o'lchamlari o'xshash bo'lgani uchun, shunga mos ravishda dielektrik siljish  $D$  va elektr maydoni kuchlanishi  $Ye$  kabi,

$\mu$  o'tkazuvchanligi esa  $\epsilon$  dielektrik o'tkazuvchanligiga mazmunan o'xshaydi. Xuddi shunday  $M$  magnitlanganlik va  $R$  polarizatsiya o'rtasida ham o'xshashlik mavjud.

## SI va SGS sistemalardagi birliklarni o'lchovini qayta hisoblash qoidalari

11.6-jadval

Kattalik	Belgi	SI sistemasi birliklari		SGS sistemasi birliklari	Qayta isoblash qoidalari
		hosila	dastlabki		
Magnit induksiya	$V$	$(\text{Wb}/\text{m}^2)^a$	$\text{kg}/\text{s} \cdot \text{C}$	Gaus	$1 \text{Wb}/\text{m}^2 = 10^4$
Magnit maydon kuchlanishi	$N$	$\text{A} \cdot \text{m}/\text{m}$	$\text{C}/\text{m} \cdot \text{s}$	Ersted	$1 \text{am}^7 \text{m} = 4 \pi \times 10^{-3}$
Magnitlanganlik	$M(\text{Si})$ $I(\text{cgs-emu})$	$\text{A} \cdot \text{m}/\text{m}$	$\text{C}/\text{m} \cdot \text{s}$	$\text{Cm}^2$	$1 \text{am}^7 \text{m} = 10^{-1} \text{cm}$
Vakuum o'tkazuvchanlik	$\mu_0$	$\text{m}^b$	$\text{kg}/\text{s} \cdot \text{C}^2$	o'lchamsiz	$4 \pi \times 10^{-7} \text{m} = 1$
Nisbiy o'tkazuvchanlik	$\mu_r(\text{Si})$ $\mu(\text{cgs-emu})$	o'lchamsiz	o'lchamsiz	o'lchamsiz	$\mu_r = \mu$
Ta'sirchanlik	$X_m(\text{Si})$ $X_m(\text{cgs-emu})$	o'lchamsiz	o'lchamsiz	o'lchamsiz	$X_m = 4 \pi \times \chi_m$

Bu yerda ishlatilgan  $\chi_m$  kattaligi hajm birligidir. SI birliklar sistemasida  $\chi_m$  ning maydon kuchlanishiga  $N$  ko'paytmasi materialning hajm birligi ( $\text{m}^3$ ) tegishli magnitlanganlikni ko'rsatadi.

Moddaning magnit xossalari ta'riflovchi birliklardan foydalanish tushunmovchiliklarga olib kelishi mumkin, chunki parallel ravishda ikkita birliklar sistemasidan foydalaniladi.

Bulardan biri bu – SI xalqaro sistemasi (ratsionallashtirilgan sistema metr/kilogramm-sekund). Boshqa sistema esa SGS birliklariga asoslangan (santimetr-gramm-sekund).

Ikkala sistemadagi birliklar o'lchovini qayta hisoblash qoidalari 11.6-jadvalida keltirilgan.

**Magnit momentning tabiati.** Materialning makroskopik magnit xossalari ayrim elektronlar magnit momentining namoyishining ko'rinishidir. Materiallarda magnetizm hodisasi sababini tushuntiradigan ba'zi nazariyalar o'ta murakkab bo'lib, tushunish uchun kvant-mexanik tushunchalarini talab etadi, bu esa mazkur kitobning vazifalariga kirmaydi. Shuning uchun biz magnetiz tabiati haqida tafsilotlarsiz, soddalashtirilgan tushuncha berib o'tamiz.

Atomdagi har bir elektron ikkita sabab bilan yaraladigan magnit momentga ega. Birinchisi elektron yadro atrofida orbital harakatlanadi, ya'ni u harakatlanuvchi zaryaddir, demak, elektron harakatlanishi magnit maydon va mikroskopik magnit moment yaratuvchi tok halqasi sifatida ko'rilishi mumkin. Ikkinchisi har bir elektron o'z spiniga ega, buni elektronni o'z o'qi atrofida aylanishiga aytiladi. Bu aylanish o'qi bo'ylab yo'naltirilgan magnit moment yaralishi uchun qo'shimcha manba yaralishiga xizmat qiladi. Mazkur spinli magnit momenti yo "yuqoriga" yoki "pastga" yo'naltirilgan bo'lishi mumkin. Shunday qilib, atomdagi har bir elektronga doimiy orbital va spin magnit momentli mikroskopik magnit sifatida qaralsa bo'ladi.



**11.10-rasm. Magnit moment paydo bo'lishi. (a)-elektronning orbital harakatida, (b)-elektronning spin harakatiga qarab aniqlanadi<sup>36</sup>.**

Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 807bet



Magnit moment. Magnit momentning asosiy birligi sifatida P.Bor tomonidan kiritilgan. Bor magnetoni  $\mu_9,27 \cdot 10^{24} \text{ A} \cdot \text{m}^2$  qabul qilingan. Atomdagi har bir elektron uchun spin magnit momenti  $\pm \mu_B$  ga teng (+ belgisi “yuqoriga”, – belgisi “pastga”ni anglatadi). Keyin, orbital magnit momentlari  $m\mu$  ga teng, bu yerda,  $m$  – elektronning magnit kvant sonlaridir.

Har bir atomda ba’zi elektronlarning orbital momentlari bir-birini juft-juft bo‘lib, yig‘indisi nolga teng bo‘lib qoplashlari mumkin. Bu spin momentlarga ham tegishli. Masalan “yuqoriga” yo‘naltirilgan spinli elektronning spin momenti “pastga”yo‘naltirilgan spinli elektronning spin momentini butunlay qoplaydi. Atomning to‘liq magnit momenti, uning barcha elektronlari magnit momentlari yig‘indisi bo‘lib, bu yerda orbital momentlar ham spin momentlar yig‘indisi qo‘shiladi. Shunda u yoki bu momentlarning o‘zaro qoplanishi ham nazarda tutiladi. Agar atomda barcha qobiqlar to‘la bo‘lsa, unda jami elektronlar nolga teng orbital va spin magnit momentlarga ega bo‘ladi.

Shuning uchun, bunday atomlardan tashkil topgan moddalar doimiy magnitlanishga ega bo‘la olmaydi. Bu kategoriyaga barcha olijanob (inert) gazlar, shuningdek ko‘pgina ion birikmalari kiradi.

Pastroqda magnetizmning har xil turlari muhokama qilinadi – dia-, para-, ferromagnetizm; antiferromagnetizm va ferrimagnetizmlar ferromagnetizmning bo‘limlari sifatida ko‘rib chiqiladi. Barcha moddalarda magnetizmi hech bo‘lmasa bir turini kuzatish mumkin. Aslida moddaning fe’li uning elektronlari (atom magnit dipollari) yaqinlashtirilgan tashqi magnit maydoniga bo‘lgan reaksiyasiga.

## 11.5. Diamagnetizm va paramagnetizm

**Diamagnetizm** magnetizmning o‘ta kuchsiz ko‘rinishi bo‘lib, bunda magnitlanganlik faqatgina tashqi magnit maydoni ta’sir etib turgandagina saqlanib qoladi. Bunday turdagi magnetizm, tashqi magnit maydoni ta’sir o‘tkazganda elektronlarning orbital harakati o‘zgarishi natijasida vujudga keladi. Induksiyalangan magnit moment kattaligi juda oz bo‘lib, moment esa tashqi maydon yo‘nalishiga

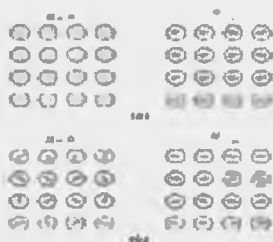
qarama-qarshi tomonga yo'naltiriladi. Shuning uchun nisbiy o'tkazuvchanlik  $\mu$ , birdan kam bo'ladi (ozgina bo'lsa ham), magnit ta'sirchanlik belgisi esa – salbiy. Bu esa, diamagnit qattiq jismda magnit maydon induksiyasi  $V$  o'lchovi, vakuumdagidan ko'ra kamroq bo'lishini bildiradi. Diamagnit qattiq jismlar hajm ta'sirchanligi  $\chi_m$ ,  $10^{-1}$  o'lchamiga teng. Agar diamagnit materiallardan tayyorlangan jismni kuchli elektromagnit polyuslari orasiga joylashtirilsa, u magnit maydon kuchsiz bo'lgan joyga qalqib chiqadi.

Tashqi maydon yaqinlashtirilganda va uzoqlashtirilganda diamagnit materialda atom magnit momentlarining ko'rinishi aks ettirilgan. 11.11-rasmda strelkalar bilan, atomning barcha elektronlari momentlari tomonidan yaralgan atomlar magnit momentlari ko'rsatilgan (vuqoridagi muhokamalarga qarang).

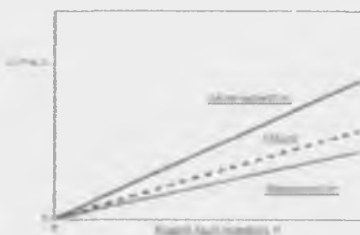
**Paramagnetizm** 11.11-rasmda diamagnit xossalari bor moddada  $V$  ning  $N$  tashqi maydonga tobeligi ko'rsatilgan. 11.7-jadvalda ba'zi diamagnit moddalarning ta'sirchanlik qiymati ko'rsatilgan. Diamagnetizm barcha moddalarda mavjud. Biroq bu shunchalik kuchsiz effektki, uni aniqlash uchun magnetizmning barcha boshqa turlari to'liq yo'q bo'lishi shart. Bu magnit hodisalar turining deyarli amaliy ahamiyati yo'q. Ba'zi moddalarda har bir atom elektron spinlar yoki orbital magnit momentlarning to'liqsiz o'zaro qoplanishi natijasida doimiy magnit momentiga ega bo'ladi. Tashqi magnit maydoni yo'qligida mazkur atom magnit momentlar orientatsiyasi tasodifiy bo'lib, shundan jism magnit xususiyatlarga ega bo'lmaydi. 11.11 b-rasmida ko'rsatilganidek magnit momentlar erkin harakat qilishi mumkin, ular tashqi maydon ta'sirida asosiy yo'nalishlarini maydon tomonga o'zgartirganda **paramagnetizm** hodisasi vujudga keladi. Har xil atomlarning magnit momentlari bir biridan mustaqil ravishda harakatlanib, qo'shni dipollar o'rtasidagi hech qanday bog'liqlik bo'lmaydi.

Dipollar tashqi maydonga harakatlanishini inobatga olib, ular uni kuchaytiradi va nisbiy o'tkazuvchanlik qiymatiga, katta birliklarga, nisbatan kichik bo'lgan, biroq ijobiy qiymatdagi magnit ta'sirchanlikka ham mos keladi. Paramagnit moddalarda ta'sirchanlik qiymatlari  $10^{-5}$  dan  $10^{-2}$  diapazonida bo'ladi (11.7-jadval). Paramagnit moddalarda

$V$  ning  $N$  ga to'beligi 11.12-rasmda sxema tarzida ko'rsatilgan. Dia va paramagnit moddalar asosan magnitsiz deb sanaladi, chunki ularda magnetizm faqat tashqi magnit maydon ta'sirida vujudga keladi. bundan tashqari ularda magnit induksiya qiymati vakuumdagidan kam farqlanadi.



**11.11-rasm. a – tashqi maydon yaqinlashtirilganda va uzoqlashtirilganda diamagnit materialda atom magnit momentlarining ko'rinishi. Tashqi maydon yo'qligida magnit momentlar nolga teng. Maydon yaqinlashtirilganda, maydon yo'nalishiga qarama-qarshi yo'naltirilgan magnit momentlar vujudga keladi. b- paramagnit moddada tashqi magnit maydoni yaqinlashtirilganda va uzoqlashtirilganda atom magnit momentlari konfiguratsiyasi<sup>37</sup>.**



**11.12-rasm Dia- va paramagnit qattiq jismlarda  $V$  magnit induksiyasining  $N$  magnit maydon kuchlanishiga bog'liqligi<sup>37</sup>.**

<sup>37</sup> Callister, William D., Materials science and engineering: an introduction, 7th ed.p.cm/ - Printed in the United States of America/ John Wiley & Sons, Inc.- 2014. 809-bet

## Xona haroratidagi dia- va paramagnit moddalarning magnit ta'sirchanligi qiymatlari

11.7-jadval

Diamagnetiklar		Paramagnetiklar	
material	hajm chandligi $\chi_m$	material	hajm ta'sirchanligi $\chi_m$
Alminiy oksidi	$-1.81 \times 10^{-5}$	Aluminiy	$2.07 \times 10^{-5}$
Mis	$-0.96 \times 10^{-5}$	Xrom	$3.13 \times 10^{-4}$
Tilla	$-3.44 \times 10^{-5}$	Xrom xloridi	$1.51 \times 10^{-3}$
Simob	$-2.85 \times 10^{-5}$	Magniy sulfati	$3.70 \times 10^{-3}$
Kremniy	$-0.41 \times 10^{-5}$	Molibden	$1.19 \times 10^{-4}$
Kumush	$-2.38 \times 10^{-5}$	Natriy	$8.48 \times 10^{-4}$
Natriy xloridi	$-1.41 \times 10^{-5}$	Titan	$1.81 \times 10^{-4}$
Sink	$-1.56 \times 10^{-5}$	Sirkoniy	$1.09 \times 10^{-4}$

### Muhim termin va kottepsoyalar

Antiferromagnetizm	Qoldiq magnitlanganlik
Gisterezis	Magnit maydon kuchlanishi
Diamagnetizm	To'yimlilik magnitlanganligi
Domen	Paramagnetizm
Koersitiv kuch	Magnit o'tkazuvchanlik
Bor magnetoni	Magnit oqimi zichligi
Magnit ta'sirchanlik	O'ta o'tkazuvchanlik
Magnit induksiyasi	Kyuri harorati
Magnit-yumshoq materiallar	Ferrimagnetizm
Magnit-qattiq materiallar	Ferritlar (keramik)
Magnitlanganlik	Ferromagnetizm

### Sinov savollari:

1. Magnit materiallar deb qanday materiallarga aytiladi?
2. Magnit materiallarga misollar keltiring.
3. Qattiq magnit materiallar.
4. Yumshoq magnit materiallar.
5. Ferromagnit materiallar.

6. Qiyin eriydigan metall deb qanday metallga aytiladi?
7. Sovuqqa chidamli material deb qanday materialga aytiladi?
8. Qanday materiallar radiatsiyaga chidamli deyiladi?
9. Qanday qotishmaga elektrotexnik po'lat deyiladi?
10. Qanday metallga dielektrik deyiladi?
11. Qattiq va yumshoq magnitli metallarni bir-biridan farqi nimada?

## 12-BOB. KOMPOZITSION MATERIALLAR

### 12.1. Metall asosida kompozitsion materiallar

Bunday kompozitsion materiallar matritsasi metallardan iborat: Al, Mg, Ni, Ti va ularning qotishmalari. Bular yuqori puxtalikdagi tolalar yoki yupqa dispersli qiyin eriydigan zarrachalar bilan puxtalanadi.

Metall asosida kompozitsion materiallar afzalliklari quyidagilar:

**Mexanik xossalari** – xarakteristiklari yuqori, matritsa xossalariga bogʻliq (mustahkamlik chegarasi, singovchi tolalar yoʻnalishiga perpendikular yoʻnalishdagi egiluvchan moduli); yuqori plastiklik, buzilishga uyushqoqligi, asosiy metallni erish haroratiga mustahkamlik harakteristikalarini saqlash.

**Fizik xossalari** – yuqori issiq va elektr tokini oʻtkazuvchanligi.

Kukunli kompozitsion materiallarda metall asosida  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  va karbidlarni qiyin eriydigan fazalarini dispers zarrachalari xizmat qiladi. Bu kompozitsion materiallarning mexanik va fizik asoslari izotropik (bir xil barcha yoʻnalishlarda).

Metall asosidagi kukunli kompozitsion materiallarga SAP misol boʻla oladi. SAP – pishirilgan aluminiy kukuni – tarkibida aluminiy kukuni va aluminiy oksidi ( $Al_2O_3$ ) (6–22%) aralashmasidan iborat. Hozirgi vaqtda SAPdan juda koʻp detallar yasaladi: porshenlar, shatunlar, klapan prujinalari tarelkalari. SAP yuqori texnologik xossalarga ega: yuqori deformatsiyalanadi, payvandlanadi, qirqib ishlanadi, zangga bardosh va olovbardosh. Olovbardosh alumin qotishmalari  $300^{\circ}C$  da ishlaganda SAP  $500^{\circ}C$ da ham ishlayveradi. Agar bular tarkibiga boshqa elementlar (Fe, Ni, W, va h.k.) qoʻshilsa, SAP aylanadi SAS – pishirilgan aluminiy qotishmasi boʻladi: xossalari yanada yaxshilanadi.

Dvigatellarning gidravlik detallari (disklar, latoklar, rotorlar) yuqori haroratli dispersli mustahkamlangan kukuni qotishmasidan yasaladi. Yuqori haroratli dispersli mustahkamlangan kukuni qotishmasi tarkibi bu nikel - xrom qotishmalari va gafniy oksidi ( $HfO_2$ ) yoki toriy oksidi ( $ThO_2$ ) kukunlari aralashmasidir. Yuqori haroratli

dispersli mustahkamlangan kukuni qotishmasi mexanikaviy legirlash usuli bilan olinadi. Yuqori haroratli dispersli mustahkamlangan kukuni qotishmalarining olovbardoshligi va issiqbardoshligi boshqalarinikidan yuqori.

Metall asosidagi tolali kompozitsion materiallarning mustahkamlovchi to'ldirgichlari sifatida tolalar va toza elementlar ipsimon kristallari yoki qiyin eriydigan birikmalar (B, C,  $Al_2O_3$ , Si C) ishlatiladi. Tolali kompozitsion materiallar xossalari sinchlash sxemasiga bog'liq.

Quyidagi 12.1-jadvalda metall asosidagi bir xil yo'naltirilgan kompozitsion materiallar xossalari berilgan.

### Kompozitsion materiallar xossalari

12.1-jadval.

KMni turi va belgilanishi	To'ldirgich tarkibi	Zichligi $\rho, t/m^3$	Elastiklik moduli E, GPa	Mustahkamlik chegarasi $\sigma_v, Mpa$	Chidamlik chegarasi $\sigma_1, MPa$	$\sigma_v/\rho, km$
Al	Sovuqli juvalangan	2,70	71	150	-	-
V95	Qotishmalar Al, Mg, Zn	2,72	-	600	55	88
VKA	Al-B	2,65	240	1200	600	45
VKU	Al-C	2,25	270	950	200	44
KAS	Al- po'lat simi	4,80	120	1600	350	33

Barcha kompozitsion materiallar siklik nagruzkalarga yaxshi ishlaydi. Kompozitsion materiallarning mustahkamligi ko'proq tolalarni matritsa bilan bog'lanishlik, birlashishlik darajasiga bog'liq. Matritsa bilan to'ldirgichlar orasidagi bog'lanishlik har xil bo'lishi mumkin.

1. Mexanik bog'lanish – matritsa va to'ldirgichlar notekis yuzalari orasida hosil bo'ladigan bog'lanish hamda ular orasidagi ishqalanish kuchlari ta'sirida hosil bo'ladi. Mexanik bog'lanishni

ko'ndalang cho'zilishdagi mustahkamligi va uzunasiga qisishdagi mustahkamligi past.

2. Yuzalarni tortish kuchlari orqali bog'lanish. Bu tolani suyuq matritsa bilan ho'llash bo'ktirish va qisman komponentlarni erishish natijasida vujudga keladi (masalan, Mg-B 400°C gacha).

3. Reaksiyali bog'lanish bu komponentlarni o'zaro kimyoviy ta'siridan kelib chiqadi (Ti va B). Kimyoviy reaksiya bular chegarasida o'tadi va yangi kimyoviy birikma hosil bo'ladi.

4. Almashuv-reaksiya bog'lanish ikki va undan ko'proq davriy bosqichli reaksiya o'tishi bilan paydo bo'ladi. Matritsa titan qotishmasi, tana shu titan qotishmasi qattiq eritmasi bor tanasi bilan birlashadi – Al B,, bundan so'ng titan bilan reaksiyaga kirishadi va TiB, ni va aluminiyni qattiq eritmasini hosil qiladi.

5. Oksidli bo'linish – reaksiya metallik matritsa bilan oksidlovchi to'ldiruvchi (Ni – Al<sub>2</sub>O ) chegarasida o'tadi. Natijada murakkab oksid hosil bo'ladi.

6. Aralash bog'lanish oksid plyonkalar yemirilib, komponentlar o'zaro kimyoviy diffuzion reaksiyasi natijasida ro'yobga chiqadi. (Al-B, Al- po'lat)

Metall asosidagi kompozitsion materiallar tolalar bilan matritsa orasidagi mustahkam bog'lanish ularni o'zaro ta'siri va juda ingichka-yupqa (1–2mkm) intermetalli faza hosil bo'lish darajasiga bog'liq.

Metall emas asosli kompozitsion materiallar komponentlari orasidagi bog'lanish adgeziya yordamida amalga oshadi. Yuqori puxtalikdagi bor, uglerod, keramika tolalari matritsaga yomon adgeziyalanadi. Yopishish qobiliyatini oshirish uchun yuza kimyoviy yediriladi, tola yuzalari ishlanadi, ya'ni **viskerizatsiya** qilinadi. Viskerizatsiya bu uglerodli, broli, va h.k. tolalari yuzalarida kremniy karbidi monokristallarini o'stirish (ular uzunligiga perpendikular holda). Shu usulda olingan titilgan, betartib – chigal yuzali bor tolasi "borsik" deyiladi. Ipsimon kristallar hajmini 4–8% ga ortishi surish mustahkamligini 1,5–2-marta, elastik modulini va qisishdagi mustahkamlikni 40–50% ga ko'taradi.

Aluminiy, magniy va ular qotishmalarini mustahkamlash uchun borli va uglerodli hamda o'tga chidamli birikmalar (karbidlar, nitrid-



lar boridlar va oksidlar) tolalari ishlatiladi. Yuqori puxtalikdagi po'lat simlari ham ishlatiladi.

Titan va uni qotishmalarini singlash uchun molibdenli sim, salfir tolalari, kremniy karbidi, titan boridi ishlatiladi.

Nikel qotishmalari olovbardoshligini oshirish uchun volframli yoki mobildenli simlar ishlatiladi. Yuqori issiq o'tkazuvchanlikni va elektr o'tkazishni oshirish uchun ham metall tolalar ishlatiladi. Yuqori mustahkamlik va yuqori modulli kompozitsion materiallarni mustahkamlash uchun istiqbol puxtalovchilari sifatida oksidlar va aluminiy nitridlarini ipsimon kristallari, kremniy karbidi va nitridi, bor karbidi va titan borididan foydalaniladi.

Aluminiy, magniy va titan qotishmalarini uzluksiz bor, kremniy karbidi titan diboridilarni qiyin eriydigan tolalar bilan singlash olovbardoshlikni ancha oshiradi. Kompozitsion materiallarning o'ziga xosligi harorat ko'tarilishi bilan vaqt birligida mustahkamlikni yo'qotishlik tezligi kichik.

Dispers mustahkamlangan kompozitsion materiallar matritsalarini asosiy kuchlanishni o'ziga oladi, dispers zarrachalar esa dislokatsiyalar harakatini sekinlashtiradi. Zarrachalar o'lchamlari 10–500nm va oralaridagi masofa 100–500 nm bo'lganda yuqori puxtalikka erishiladi.

## 12.2. Polimerli kompozitsion materiallar

**Polimerli kompozitsion materiallar olish usullarining umumiy xususiyatlari.** Turli sharoitlarda foydalanishga yaroqli va kerakli fizik-mexanik va ekspluatatsion xususiyatlarga ega bo'lgan polimerli kompozitsion materiallar ma'lum tarkib va miqdordagi bog'lovchi va to'ldiruvchilarning aralashmasidan olinadi. Bunda bog'lovchi sifatida polimer matritsasi yoki yelimlovchi moddadan, to'ldiruvchi sifatida esa, mayda dispersli, tolasimon, matoli, hajmiy, ko'pikli yoki g'ovakli strukturaga ega materiallardan foydalaniladi. Odatda va ko'pgina hollarda polimerli kompozitsion materiallar tayyorlash va ulardan buyumlar ishlab chiqarish jarayonlari birlashib ketadi. Bu hol buyum tayyorlashning umumiy tannarxini sezilarli darajada ka-

maytiradi va mehnat sarfining nisbatan kattaligiga qaramasdan ularni boshqa sanoat mahsulotlariga qaraganda iqtisodiy raqobatbardosh bo'lishini ta'minlaydi.

Polimerli kompozitsion materiallardan buyumlar ishlab chiqarish texnologiyasi bir qator operatsiyalar (jarayonlar) kompleksidan tashkil topgan bo'lib, ular buyumni talab etilgan xossalari ta'minlaydi. Buyum ishlab chiqarish jarayoni uning eng maqbul konstruksiyasini loyihalashdan boshlanadi va keyin uni tabiiy ishlatish sharoitiga yaroqli bo'lishini ta'minlovchi unga mos materiallar tarkibi belgilanadi, so'ngra uni shakllantirishning eng maqbul usuli tanlanadi va usulni amalga oshirish sharoiti belgilab olinadi.

Har xil turdagi aniq bir buyumni shakllantirishning eng maqbul usulini tanlash ko'pgina omillarga bog'liq holda amalga oshiriladi. Ularning ichida eng ahamiyatlilaridan bo'lib buyumning konstruktiv o'ziga xosligi, buyumdan foydalanish sharoiti va undan kelib chiquvchi talablar (yuzaning tozaligi, o'lchamlarining aniqligi va boshqalar), bog'lovchisining turi va xossalari, texnologik o'ziga xosligi, to'ldiruvchining strukturasi hamda iqtisodiy omillar – jihoz va moslamalarning narxi, ularning ish unumi va ishga yaroqlilik muddati, mehnat sarfi, ixtisoslashganligi va boshqalar. Bunda ishlab chiqariladigan buyumning oz-ko'pligi qanday turdagi jihozlardan foydalanish kerakligini belgilab beradi. Universal yoki maxsus jihozlardan foydalanish yakka tartibda, seriyalab yoki ommaviy (yalpi) ishlab chiqarish turiga bog'liq bo'ladi.

Termoplastik bog'lovchi asosidagi polimerli kompozitsion materiallardan buyumlar tayyorlashda unda kechadigan fizik va kimyoviy jarayonlarni alohida hisobga olish zarur bo'ladi. Chunki bu turdagi polimerlarning yuqori qovushoqligi ularni shakllantirishda turli xil ichki nuqsonlar paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin.

Termoreaktiv polimerlar asosidagi polimerli kompozitsion materiallardan buyum tayyorlash jarayonida uning xossalari qotish tezligi va qotishning yakunlanishiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun reaktoplastlardan buyumlar olishda uning qotish jarayonini shakllantirish jarayoni bilan qo'shib olib boriladi. Katalizatorlarning turiga qarab reaktoplastlarning qotish jarayoni bir necha soatgacha

cho'zilishi mumkin. Bu albatta jihozdan foydalanish koeffitsiyentini ancha pastlatib yuboradi. Ammo reaktoplastlarning shunday bir xususiyati borki, ulardan aksariyat qismi to'la qotib bo'lmasdan oq turg'un shaklga ega bo'lib oladilar. Shundan foydalangan holda ularni qolipdan tashqarida to'la qotishiga erishiladi.

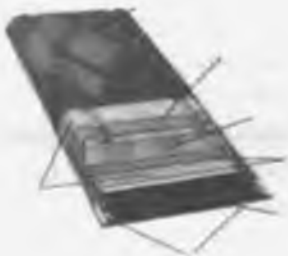
Polimer kompozitsion materiallardan buyum olishda uning kesimi bo'yicha temperaturaning farqidan kelib chiqib unda turli ichki kuchlanishlar va nuqsonlar paydo bo'lishi mumkin. Ba'zi ichki nuqsonlarni va ichki kuchlanishlarni keyingi termik ishlov berish yo'li bilan bartaraf etish mumkin. Ammo ularni oldini olishning eng samarali yo'li bu quyish jarayonida strukturasi benuqson bo'lishini ta'minlashdan iborat.

Polimerli kompozitsion materiallardan buyumlar shakllantirishda uning strukturasi ma'lum darajada o'zgartirish mumkin, bundan esa polimerning xossalari ham o'zgartirishga erishiladi. Shuning uchun bir xil tarkibli materialdan tayyorlash texnologiyasiga bog'liq holda xossalari bir-biridan farq qiluvchi buyumlar olish mumkin. Polimerli kompozitsion materiallarning strukturasi va xossalariga ta'sir etuvchi muhim omillardan bo'lib ishlov berish jarayonining ko'rsatkichlari hisoblanadi. Bular temperatura, bosim, qizdirish va sovutish rejimi va boshqalar. Texnologik parametrlarni to'g'ri tanlash va ularni hisobga olib borish tayyor buyum strukturasi bir xil bo'lishini, qoldiq kuchlanishning minimal bo'lishini, qotish va kristallanish jarayonlarini yuqori darajada tugatilganini, ya'ni yuqori sifatli buyum olishni ta'minlaydi.

Turli tipdagi kompozitsion materiallarni strukturasi bilish, bu materialni xossalari xarakteristikalariga, tashkil etuvchilarini (komponentlar) joylashish geometriyasiga va taqsimlanishiga bog'liqligini bilish ma'lum metall qotishmalar, keramika va plasmassalardan ustunroq (yaxshiroq) xossalarni mujassam qilgan materiallarni konstruksiya qilish imkoniyatini beradi.

**To'ldiruvchilar.** To'ldiruvchilar tarkibi jihatidan organik va anorganik to'ldiruvchilarga, strukturasi jihatidan esa tolali va donador (ba'zan kukun) to'ldiruvchilarga bo'linadi. Plasmassalar ishlab chiqarishda to'ldiruvchilar sifatida organik to'ldiruvchilardan—yog'och kukuni, yog'och sellulozasi, yog'och shponi (yupqa faner),

paxta taramlari, ip gazlama, sintetik matodan foydalaniladi; anorganik to'ldiruvchilardan—asbest tolasi va to'qimasi, shisha tolasi, shisha tolasidan to'qilgan mato, qisqa tolali asbest (kukun to'ldirgich sifatida), kaolin, slyuda, kvars kukuni, talk, ohak, kizelgur va boshqalar ishlatiladi. Plastmassalar tarkibiga kirgan to'ldiruvchilar ularning xossalari yaxshilaydi, bundan tashqari, nisbatan arzon bo'lgani uchun buyumlarni arzonlashtiradi.



1. Yuqori qatlam. Past haroratda shishalanadigan ABS-plastikdan tayyorlangan. Tashqi qatlam va dekorativ funksiyaga ega.

2. Shisha plastikdan ikki o'qli yo'naltirilgan qatlam markaziy qismni qobig'i. Torsion rolini bajaradi va tashqi qatlamlarni konstruksiyani markazi bilan birlashtiradi.

3. Markaziy qism—poliuretanli to'ldirgich.

4. Dempferlovchi qatlam. Poliuretandan tayyorlangan. Tebranishni kamaytirishga mo'ljallangan.

5. Asos (taglik). Presslangan uglerod (polimer matritsaga uglerod zarrachalari presslangan). Abrziv yeyilish va bikirlikni ta'minlaydi.

6. Chetlari. Puxtalangan po'lat. Qorga «kirganda» qayilishni yengillashtiradi.

7. Shishaplastikdan tayyorlangan bir o'qli yo'naltirilgan qatlam.  $0^{\circ}$  va qisman  $90^{\circ}$ da yo'naltirigan bo'ylama bikirlikni ta'minlaydi.

Organik to'ldiruvchilar polimerlarni yaxshi singdiradi. Tolali to'ldiruvchilar buyumlarning uzilishdagi va zarbiy egilishdagi mustahkamligini oshiradi. Anorganik kukun to'ldiruvchilar buyumlarning suvga va issiqqa chidamliligi hamda qattiqligini oshiradi, ularning g'ovakliligi va gigroskopikligini pasaytiradi.

Termoplastik smolalarga qoʻshiladigan plastifikatorlar ularning yumshash haroratini pasaytiradi, bu esa ularni qoliplashni osonlashtiradi. Plastifikatorlar sifatida yuqori haroratda qaynovchi kichik molekular suyuqliklar: murakkab efirlar, xlorlangan uglevodorodlar va boshqalar eng koʻp ishlatiladi. Polimerlar plastifikatorlarni shimib bukadi, bunda plastifikatorning molekular qatlamlari zanjiriy makromolekulalar atrofida joylashib, ular orasidagi bogʻlanishlarni zaiflashtiradi. Polimerning yumshash harorati pasayishi va uning shishalanishiga, yaʼni qizdirilganda shishasimon holatdan qovushoq–oquvchan holatga va sovutilganda yana shishasimon holatga oʻtishining sababi ham ana shu.

Eng oddiy qilib dispersli (kukunsimon) toʻldiruvchilarni organik va noorganik turlarga boʻlish mumkin. Ammo bunda ularning har birini yana tolasimon va tolasimon boʻlmagan turlarga boʻlish kerak boʻladi. Bunda ularning boʻlinishi zarralarning oʻlchami va shakli, zichligi va shunga oʻxshash koʻrsatkichlari boʻyicha boʻlib chiqiladi.

**Polimerli kompozitsion materiallar quyidagi koʻrsatkichlari boʻyicha sinflanadi.**

- Polimer matritsasining turi boʻyicha;
- PKM lar matritsasining deformatsiyalanish xususiyati boʻyicha;
- Puxtalovchi elementlarining shakli boʻyicha;
- Kimyoviy tarkibi boʻyicha;
- PKM lar konstruktiv belgisi boʻyicha;
- Puxtalovchisining turi boʻyicha;
- Puxtalashning hajmi boʻyicha;
- Ishlatishdagi vazifalari boʻyicha;
- Mexanik xossalari boʻyicha;
- Texnologik tamoyillari boʻyicha.

### **12.3. Toʻldiruvchilar turlari va asosiy xossalari**

Dispersli (kukunsimon) toʻldiruvchilar oʻlchamlari 1 mkm atrofida boʻlgan kukunsimon materiallardan shakllantiriladi. Bunday toʻldiruvchilar odatda qattiq kimyoviy inert moddalar hisoblaniladi.

Ular polimer tarkibiga polimerlarning fizik-mexanik va teplofizik xossalarini yaxshilash yoki konstruksion plastmassalarning tannarxini kamaytirish uchun qoʻshiladi. Dispersli (kukunsimon) toʻldiruvchilar quyidagi belgilari boʻyicha sinflarga ajratiladi:

– kimyoviy tarkibi boʻyicha – bular kalsiy karbonati, kremnezem kabilar boʻlishi mumkin;

– olish usuli boʻyicha – sintetik, mineral, oʻsimlikdan olingan boʻlishi mumkin;

– vazifasiga koʻra – puxtalovchi, armirlovchi, tannarxini kamaytiruvchi;

– zarralarining shakli boʻyicha – tolasimon, sharsimon, tanga-simon yoki plastinasimon.

Eng oddiy qilib dispersli (kukunsimon) toʻldiruvchilarni organik va noorganik turlarga boʻlish mumkin. Ammo bunda ularning har birini yana tolasimon va tolasimon boʻlmagan turlarga boʻlish kerak boʻladi. Bunda ularning boʻlinishi zarralarning oʻlchami va shakli, zichligi hamda shunga oʻxshash koʻrsatkichlari boʻyicha boʻlib chiqiladi. Quyida organik va noorganik toʻldiruvchilarning asosiy turlari keltirilgan.

### **Organik toʻldiruvchilar.**

– Lignin asosidagi materiallar – daraxtlarning maydalangan tomirlari, tozalangan lignin kabilar.

– Protein asosidagi materiallar – keratin, loviyadoshlarning qoʻbiqlari.

– Sintetik tolalar – poliamidli, poliakrilonitrilli, poliefirli, ftor asosida boʻlgan polimerlar va boshqalar.

– Selluloza – yogʻoch uni, yongʻoqlarning maydalangan danaklari, tolalar (paxta chiqindilaridan olingan, viskoza, alfa-selluloza).

### **Noorganik toʻldiruvchilar.**

Silikatlar – tuproq, upa, slyuda, asbest, dala shpati, bentonit, pemza, kalsiy va magniy silikatleri va boshqalar.

Oksidlar – aluminiy oksidi, surma uch oksidi, qoʻrgʻoshin ikki oksidi, magniy oksidi, rux oksidi, titan ikki oksidi.

Uglerodli toʻldiruvchilar – uglerod kuli, uglerodli va grafitli tolalar, maydalangan koks.

Metallar – mis, aluminiy, bronza, qo‘rg‘oshin, rux kukunlari.

Shisha –tolalari, kukunlari, siniqlari.

Har xil – molibden ikki sulfidi, magnetit, bariy ferriti.

Polimerli kompozitsion materiallarning xossalari birinchi navbatda uni tashkil etuvchilarning xossalari va miqdoriy nisbati orqali aniqlanadi. Shu bilan birga ularning birikish yuzalardagi o‘zaro munosabati va qatlamlarining fazalararo xossalariga ham bog‘liq bo‘ladi. Shunga ko‘ra tribotexnik vazifani bajaruvchi polimerli kompozitsion materiallarning tarkibiga massasi bo‘yicha 2...10% dan ortiq bo‘lmagan miqdorda to‘ldiruvchi qo‘shish tavsiya etiladi. Bunda to‘ldiruvchining donadorligi qanchalik yuqori bo‘lsa, zichligi esa qanchalik kam bo‘lsa, polimerli kompozitsion material tarkibidagi to‘ldiruvchining miqdori shuncha kam bo‘lishi kerak bo‘ladi. Sharsimonga yaqin bo‘lgan shakldagi to‘ldiruvchilarning maksimal tarkibini belgilashda quyidagi ifodadan foydalanish tavsiya etiladi:

$$\varphi_n \leq \frac{\pi\sqrt{2}}{6} \left( \frac{d}{d+2\delta} \right)^3$$

Bu yerda,  $\varphi_n$  – to‘ldiruvchining hajmiy miqdori;  $d$  – to‘ldiruvchi zarrasining o‘lchami;  $\delta$  – to‘ldiruvchi zarrasining yuzasini to‘la burkab olish uchun kerak bo‘lgan polimer qalinligi.

**Noorganik to‘ldiruvchilarni** bog‘lovchi tarkibiga kiritish PKMlar xossalari kerakli yo‘nalishga sozlashga (qovushoqligini, elektr o‘tkazuvchanligini va h.k. xossalari oshirish), undan olinadigan buyumning tannarxini kamaytirishga asoslangan. Odatda, to‘ldiruvchilar bir vaqtning o‘zida qator funksiyalarni bajaradi: texnologik xossalari yaxshilaydi, ichki kuchlanishni, hajmiy cho‘kishini va yonuvchanligini kamaytiradi, suvga turg‘unligini, agressiv muhit ta‘siriga chidamliligini oshiradi. To‘ldiruvchilar bog‘lovchining qizdirishdagi va qotishdagi termik xossalari yaxshilanishiga olib keladi.

To‘ldiruvchilarning sifati zarralarining o‘lchami va solishtirma yuzasi, namining miqdori, kimyoviy tarkibi hamda maxsus talablar bilan aniqlanadi. Eng arzon inert to‘ldiruvchilar bo‘lib qum, gips,

kaolin, dala shpati, mel, talk, tuproq va karbonatlar hisoblanadi. Shishasimon plastiklar ishlab chiqarish uchun to'ldiruvchi sifatida aerosil va oq cho'kindidan, kimyoviy turg'unligini oshirish uchun – S-l-markali kolloid-graftitli moddadan, bog'lovchining qovushoqligini va elektr o'tkazuvchanligini oshirish hamda bog'lovchini qora rangga kiritish uchun gazzimon DG-100-markali moddadan, kumush rangga bo'yash uchun aluminiy pudrasidan, inert to'ldiruvchi uchun – P-l-S markali kaolindan, qovushoqlikni oshirish va cho'kishni kamaytirish uchun MMO markali maydalab boyatilgan meldan, qovushoqligini oshirish va yonuvchanligini kamaytirish uchun E-62-markali emulsion polivinilxloriddan foydalaniladi.

Ba'zi hollarda qatronlarga kerakli alanga bardoshlikni ta'minlash uchun yonish ingibitorlari qo'shiladi. Bu moddalar qatron tomonidan fizik-mexanik ta'sirlanish yoki kimyoviy reaksiya orqali ushlab qolinadi. Yonish ingibitorlarini qo'shish orqali PKMning ranggini, cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasini, elektrik xossalarini va qatron hosil bo'lish xususiyatlarini o'zgartirish mumkin bo'ladi.

Shisha materialdan olingan ichi bo'sh sharsimon dispersli (kukunsimon) to'ldiruvchilar zichligi kam bo'lgan ( $0.3...0.7 \text{ g/sm}^3$ ) shisha plastiklari yaratishda keng qo'llaniladi. Bu material siqilishda yuqori mustahkamlikka ega bo'lib, yuqori dielektrik va elektr izolatsiyalovchi xususiyatga ega, yuqori shovqin, tebranish va issiqlikdan izolatsiyalovchi xossalarga ega. Shisha kukunidan iborat to'ldiruvchili polimerli kompozitsion materiallar priborsozlik texnikasida yuqori elektr izolyatsiyalovchi xossalarga ega bo'lgan material tayyorlashda keng qo'llaniladi. XX asrning o'rtalaridan boshlab turli texnologiyalarda noyob xossalarni mujassamlagan materiallar zarur bo'ldi, buni esa an'anaviy metall qotishmalar, keramika va polimerlarni qo'llaganda taxminlab bera olmayapti. Haqiqatda, yuqori mustahkamlikka ega materiallarni solishtirma og'irligi yuqori, mustahkamlik va bikirlikni o'sishi esa zarbiy qovushoqlikni pasaytiradi. Materiallarni talab qilingan turli xossalarini mujassamlash va imkoniyatlarini kengaytirish kompozitsion materiallarni (kompozitlarni) qo'llash bilan erishiladi.



Mujassam ta'sir etish prinsipiga binoan xossalarni eng yaxshi birligi ikki va undan ko'proq materiallarni birlashtirish bilan erishiladi. Har xil materiallarni birlashtirishdan foyda turli kompozitsion materiallarni yaratish bilan erishiladi.

**Birga ta'sir etish prinsipi** quyida turli tipdagi kompozitlar ko'rib chiqiladi, xususan, ko'p fazali metall qotishmalar, keramika va polimerlar. Masalan, perlitli po'latlar almashib turadigan  $\alpha$  – ferrit va sementitdan iborat mikrostrukturaga ega. Ferrit fazasi yumshoq va plastiklikka ega, sementit – bikir va juda mo'rt. Perlitli po'latlarda erishiladigan xossalari (yuqori plastiklik va mustahkamlik), tashkil etuvchi komponentlar xossalari ustundir.

Kompozitsion materiallarni tabiatda ham uchraydi. Masalan, daraxt mustahkam va qayishqoq selluloza tolalaridan tashkil topgan, ular esa *ligin* deb nomlanadigan yumshoq muhit bilan birlashtirib bog'lab turiladi. Suyaklar ham mustahkam, lekin deyarli yumshoq kollagen va qattiq mo'rt mineral moddadan tashkil topgan kompozitlardir.

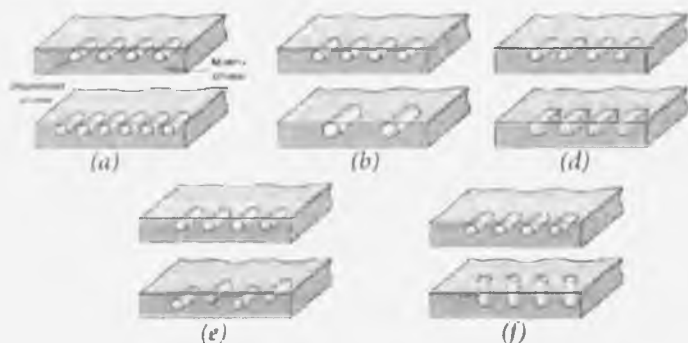
Bu bobning anglatishicha kompozit deb tabiiy usulda emas, balki sun'iy yaratilgan material tushuniladi. Undan tashqari, kompozitdagi alohida fazalar aniq ajralib turgan fazalararo qatlam bilan chegaralangan mutlaqo har xil materiallardir. Shunday qilib, ko'pchilik metall qotishmalar va keramika bu ta'rifga taalluqli emas, chunki ulardagi ko'p fazali struktura tabiiy holda hosil bo'ladi.

Olimlar va muhandislarni kompozitlarni yaratishdagi harakatlari metall, keramika va polimerlarni sun'iy ravishda birlashtirib, ekstra ordinar xossali yangi avlod materiallarini yaratishga qaratilgan.

Aksariyat hollarda kompozitlarni olishdan maqsad asosiy mexanik xossalarni mujassamligini – xona va yuqori haroratlarda bikirlik, zarbiy qovushqoqlik, mustahkamlikni yaxshilash.

**Matritsa dispers faza** ko'pchilik kompozitsion materiallar ikki fazadan tashkil topgan. Ulardan biri **matritsa** deb nomlanadi, ikkinchisi **dispers faza**. Kompozitlarni xossalari ularni tashkil etuvchi komponentlar xossalariga, ularning nisbiy miqdoriga va dispers fazaning geometriyasiga bog'liq. "Dispers fazaning geometriyasi" deganda zarralar shakli, o'lchami, hajmdagi taqsimlanishi va fazodagi

orientatsiyasi nazarda tutiladi. Ayrim dispers fazalar geometriyasining variantlari 12.1-rasmda keltirilgan.



**12.1-rasm. Turli faktorlarni sxematik ko'rsatish – kompozitning xossaligiga ta'sir etuvchi dispers faza zarrachalarining geometriyasi va fazoviy joylashishi: a – konsentratsiyasi; b – o'lchamlari; d – shakli; e – orientatsiyasi.**

Strukturali kompozitlarda kompozitsion va gomogen materiallar mujassamlangan.

Bu bobda kompozitlarni muhokamasi keltirilgan klassifikatsiyaga monand olib boriladi.

**Dispers to'ldirgichli kompozitlarni** ikkita sinfi bor – dispers fazasi yirik zarralardan hosil bo'lgan kompozitlar va matritsada tarqalgan (joylashgan) mayda dispersli to'ldirgichli kompozitlar. Ular orasidagi farq armaturalash yoki kuchaytirish mexanizmidagi. “Yirik zarra” termini matritsa va dispers faza o'rtasida atomlar yoki molekular darajasida o'zaro bog'lanish bo'lmavligini anglatadi, demak, bunday sistemaga yaxlit muhit mexanikasiga qarab yondashiladi. Ko'rilayotgan turdagi kompozitlarning ko'pida dispers fazaning zarralari matritsaga nisbatan qattiqroq va bikirliroq. Bunday zarralarni mavjudligi matritsa materialini zarralar atrofida ko'chishini chegaralaydi. Mazmunan, bu yerda ta'sir etuvchi kuchlanishlarni qayta taqsimlanish o'rni bor, ya'ni ular qisman dispers fazaning zarralariga o'tadi va u yuklamani bir qismini ko'taradi.

Ko'rilayotgan holda kuchaytirish darajasi yoki materialning mexanik xossalarini oshirish matritsa-to'ldirgich chegarasidagi bog'lanish darajasiga bog'liq.

Matritsada taqsimlangan mayda dispers to'ldirgichning o'lchamlari juda kichik: ularni diametri 0,01 dan 0,1 mkm (10–100nm) diapazonida. Bu holda dispers faza va matritsani o'zaro ta'siri atom yoki molekular darajasida bo'ladi.

**Yirik zarrali to'ldirgichli kompozitlar.** To'ldirgichlar qo'shilgan ayrim polimerlar, ko'rilayotgan turdagi kompozitlarni tashkil qiladi. Bu holda to'ldirgich bazaviy materialni xossalarini yaxshilaydi yoki modifikatsiyalaydi, yoki qimmat polimerni bir qismini arzonroq to'ldirgichga almashtiradi.

Boshqa bir yaxshi ma'lum yirik zarrali to'ldirgichli kompozitsion material – sement (matritsa), qum va shag'aldan (to'ldirgich zarralari) tashkil topgan beton. Armaturalash yetarli samarali bo'lishi uchun zarralar o'lchami nisbatan kichik bo'lishi va matritsa hajmida bir tekis taqsimlanishi kerak.

Kompozitni holati ikkala fazaning undagi hajmiy nisbatiga bog'liq. Kompozitdagi to'ldirgichni miqdori ortishiga qarab aralashmani mexanik xarakteristikalarini ortadi. Ikki fazali sistemada elastiklik modulini disperslangan fazaning hajmiy miqdoriga bog'liqligini ko'rsatish uchun ikkita formula taklif etilgan. **Siljish qoidasiga** binoan elastiklik moduli ikki chegara o'rtasida joylashgan – yuqori chegara, quyidagi formula bilan ifodalangan:

$$E_s(u) = E_m V_m + E V \quad (12.1)$$

va quyi chegara quyidagi formula bilan ifodalangan:

$$E_s(l) = \frac{E_m E_p}{V_m E' + V' E_m} \quad (12.2)$$

Bu tenglamalarda  $V$  va  $E$  – hajmiy miqdor va elastiklik moduli,  $c$ ,  $m$ , 'sitr osti indekslar bo'lib, kompozit, matritsa va disperslangan zarralarga tegishli. Tolalar bilan armaturalangan kompozitsion materiallar uchun (12.2) va (12.3) tenglamalarda keltirilgan.

Plastmassa va elastomerlarni mustahkamligini ko'pincha disperslangan zarralarni qo'shib erishishga harakat qiladilar. Ko'pgina zamonaviy rezinalarni qo'llash armaturalash uchun texnik uglerod (qorakuya) kabi material zarralarini qo'llash hisobiga erishildi. Qorakuya tabiiy gaz yoki neftni havo kislorodi cheklangan muhitda yoqish natijasida hosil bo'lgan juda mayda yumaloq uglerod zarrachalaridan iborat. Juda arzon modda bo'lgan bunday qorakuya zarrachalarini vulkanizatsiya qilingan kauchukka qo'shilganda cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi, zarbiy qovushqoqlik hamda yemirilish va abraziv yeyilishga qarshilik oshadi. Avtomobil shinalaridagi qorakuya miqdori 15–30%.

Qorakuya qo'shilganda kuchaytirish effektiga erishish uchun uning zarrachalarining o'lchami kichik bo'lishi kerak, diametri 20–50 nm. Undan tashqari, qorakuya zarralari matritsa bilan mustahkam adgezion bog'lanish hosil qilib, kauchuk hajmi bo'yicha bir tekis taqsimlangan bo'lishi zarur. Armaturalash komponenti sifatida boshqa moddalarni, masalan, kremnezemni qo'llashni samarasi pastroq, chunki kauchuk va to'ldirgich molekulari orasida spetsifik o'zaro bog'lanish hosil bo'lmaydi. 12.6-rasmda qorakuya bilan to'yintirilgan kauchukni elektron mikrosurati keltirilgan.

**Beton** bu yirik armaturalovchi zarralardan tashkil topgan kompozitsion material bo'lib, undagi matritsa va to'ldirgichlar keramika sinliga taalluqli. "Beton" va "sement" terminlari har doim ham to'g'ri qo'llanilmagani, ayrim hollarda bir-birini o'zaro almashtiruvchi hisoblanganligi sababli ular orasidagi farqni ta'kidlamog' zarur.

Umumiy ma'noda beton qattiq zarralar agregatidan tashkil topgan, o'zaro qandaydir bog'lovchi muhit yordamida, ya'ni sement bilan birlashtirilgan kompozitsion materialdir. Betonni ikkita turi eng ko'p ma'lum – bu portland sement asosida va asfaltobeton, undagi qattiq agregatlangan zarralar – qum va shag'al. Asfaltobeton avvalambor yo'llarni qoplash uchun keng qo'llaniladi, portland sement asosidagi beton keng tarqalgan qurilish materiali sifatida qo'llaniladi. Quyida betonni so'ngi turi ko'riladi.

**Portland sement asosidagi beton** portland sement asosidagi betonni ishlab chiqarishda xomashyo sifatida–sementni o'zi,

to'ldirgichlardan mayda dispersli fraksiya (qum) va yirik dispersli fraksiya (shag'al). Portland sementni mustahkamligini ortishiga va qotishga olib keladigan jarayonlar bo'limda qisqacha ko'rib chiqilgan. Qattiq zarralar to'ldirgich rolini bajaradi, chunki juda arzon bo'lib materialni umumiy narxini pasaytiradi, sement esa nisbatan qimmatdir. Beton aralashmasini optimal mustahkamligi va ishlov berishga qulayligini mujassamlash uchun tashkil etuvchilarni (ingradyentlar) nisbatini juda qat'iyon bajarish zarur. Qattiq zarralarni zich joylashtirish va yaxshi fazalararo kontakt aralashmada ikki xil o'lchamli qattiq zarralarni qo'llanilishini ta'minlaydi; shu bilan birga qumning mayda dispers zarralari yirik shag'al orasidagi bo'shliqni to'ldirishi kerak. Odatda to'ldirgichlar miqdori hajmning 60–80% ni tashkil etadi.

Suv-sement pastasining miqdori barcha qum va shag'alning qattiq zarralarini qoplash uchun yetarli bo'lishi zarur. Aks holda sement hosil qiladigan bog'lanishlar yetarli bo'lmaydi. Beton aralashmasini tayyorlashda barcha tashkil etuvchi komponentlar sinchiklab aralastirilishi zarur. Sement va agregatlarni qattiq zarralarini to'liq bog'lanishi suv miqdorini to'g'ri qo'shilishida. Agar suv kam bo'lsa bog'lanish to'liq bo'lmaydi. Agar suv ortiqcha bo'lsa g'ovaklar hosil bo'ladi. Bu hollarda mahsulot mustahkamligi optimal qiymatdan past bo'ladi.

Agregatlanuvchi zarralarni xarakteri muhim mohiyatga ega. Zarralarni o'lchami bo'yicha taqsimlanishi ayniqsa muhimdir, chunki sement pastani tayyorlashda zarur bo'lgan suv miqdoriga ta'sir etadi. Mustahkam bog'lanishni hosil bo'lishiga to'siq bo'ladigan zarralar yuzasida loy va ifloslar bo'lishi kerak emas, ular toza bo'lishi kerak.

Portland sement – bu qurilishda qo'llaniladigan asosiy material, chunki uni joylarda qoliplarga quyish va keyin xona haroratida qotirish mumkin, agar to'liq suv ostida bo'lsa ham. Lekin konstruksion material sifatida qo'llanilishda ma'lum cheklash va kamchiliklarga ega. Ko'pchilik keramikadan tayyorlangan materiallar kabi portland sementdan tayyorlangan beton, nisbatan mustahkam emas va mo'rt. Uning cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi siqilishdagiga nisbatan 10–15 barobar kam. Undan tashqari betondan shakllantirilgan yirik strukturalar harorat o'zgarishiga juda sezgir. Va nihoyat suv,

o'vaklarga kirib past haroratlarda darzlar hosil qiladi va ayniqsa yaxlash-erish sikllarida. Betonni mustahkamlashda turli qo'shimchalardan foydalanib, aytib o'tilgan kamchiliklarni ko'pini bartaraf etish yoki deyarli ahamiyatsiz qilish mumkin.

**Dispersion puxtalanagan kompozitlar.** Metall va metall qotishmalarni mustahkamligi oshirilishi mumkin, agar ular ichida bir necha foiz juda qattiq inert moddani mayda zarrachalarini bir tekis taqsimlasa. Bu disper faza metall yoki nometall bo'lishi mumkin. Ko'pincha shu maqsadda oksidlar qo'llaniladi. Avvalgi hollarda puxtalash dispersion qotishda erishilganidek bunda ham puxtalash dispersion zarralarni matritsadagi dislokatsiyalar bilan o'zaro ta'siri natijasida erishiladi. Bu holda puxtalash effekti dispersion qotishdagidek emas. Ammo, ko'rilayotgan usulda puxtalanish harorat organida uzoq vaqt ichida saqlanadi, chunki dispers zarralarni tanlashda ularni matritsa material bilan o'zaro ta'siri yo'qligi hisobga olinadi. Dispersion-puxtalanadigan qotishmalar uchun puxtalikni ortish effekti yuqori haroratli ishlov berishda invelirovatsiya qilishi mumkin tushirilgan zarralar yoki ajralib chiqqan fazaning erishi hisobiga.

Yuqori haroratlarda nikelli qotishmalarni mustahkamligi deyarli ortishi mumkin, agar 0,3% toriy oksidi ( $\text{ThO}_2$ ) mayda dispers zarralar sifatida qo'shilsa. Bu material disperslangan – toriy nomlanishi bilan ma'lum (abbreviatura TD). O'xshash effekt aluminiy-aluminiy oksidi sistemasida kuzatiladi. Juda yupqa maydalangan aluminiy oksidi yuzasida o'ta mayda (qalinligi 0,1–0,2 mkm) aluminiy pag'alari (xlopya) hosil bo'ladi va aluminiy matritsaga dispergiya qiladi. Bu materialni nomi shlaklangan aluminiy kukuni (abbreviatura SA – sintered aluminum powder).

Zamonaviy texnologiya nuqtayi nazaridan dispers fazasi tolalardan tashkil topgan kompozitsion materiallar eng muhim ahamiyatga ega. Tolalarni armaturalash uchun qo'llashning mazmuni mustahkamlik yoki bikrlilikni oshirib og'irlikni kamaytiradi. Bu effektning miqdoriy o'lchami solishtirma mustahkamlik va solishtirma elastiklik modulining miqdori.

Ular mustahkamlik chegarasini va elastiklik modulni material solishtirma og'irligiga nisbatini hisoblab aniqlanadi. Agar matritsa va

tolalarni kichik zichligini olinsa, tolalar bilan armaturalangan kompozitsion materiallar o‘ta yuqori solishtirma mustahkamlik va solishtirma modul qiymatiga ega bo‘ladi. Kalta tolalar mustahkamlikni deyarli oshirishga qodir emas.

### **Tolasimon to‘ldiruvchilar, turlari va asosiy xossalari.**

Mashinasozlikda qo‘llaniladigan konstruksion PKMlar ichida shishasimon plastiklar (Stekloplastiklar-SP) keng qo‘llaniladi. SPLar puxtalovchisi shisha tolalaridan iborat bo‘lgan polimer matritsali PKM hisoblanadi.

Materialga tushadigan asosiy yuklamani yuqori mustahkamlikka ega bo‘lgan shisha tolalari o‘ziga qabul qiladi va materialning bikrligi va mustahkamligini ta‘minlaydi. Polimer matritsa esa, materialning bus-butunligini, tolalar orasidagi kuchlanishni bir-biriga uzatilishini, kuch ta‘sir etishi bilan tolalarni ishga tushishini, to‘ldiruvchi tolalarni tashqi muhitning zararli ta‘siridan himoya qilinishini ta‘minlaydi.

SPLarning o‘ziga xos yuqori mustahkamligi, korroziyabardoshligi, kimyoviybardoshligi, radioo‘tkazuvchanligi, elektrizolatsiyalovchiligi, magnitlanmasligi, issiqlik o‘tkazuvchanligi va zichligining pastligi kabi noyob xossalari mavjud.

**Shisha asosidagi plastiklar** – ko‘p komponentli materiallar hisoblanadi. Ularning xossalari quyidagi qator omillarga bog‘liq bo‘ladi:

- to‘ldiruvchi shakli, o‘lchamlari, joylashishi va tarkibi, yuzasiga ishlov berilishi;

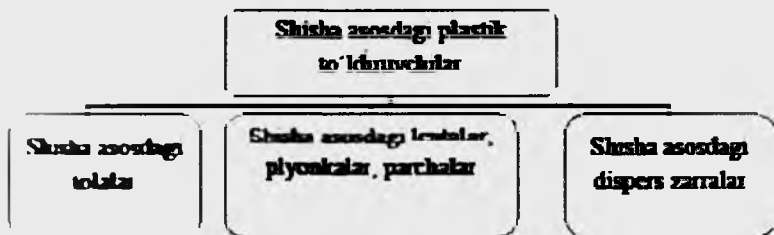
- polimer matritsasining turi va xossalari;

Tashkil etuvchi to‘ldiruvchi, matritsa va boshqa qo‘shimchalarning miqdori va g‘ovakligi;

- tayyorlash usuli va rejimlari;

- ishlatilish sharoiti (atrof-muhit, temperatura, yuklanish sharoiti).

Shisha asosidagi plastiklarning xossalari ta‘sir etuvchi asosiy omillardan biri bo‘lib to‘ldiruvchining turi hisoblanadi. Shisha asosidagi plastiklarning to‘ldiruvchilar turi bo‘yicha sinflanishi quyida (12.2-rasm) keltirilgan:



## 12.2-rasm. Shisha asosidagi plastik kompozitsion materiallarning to'ldiruvchilari turi bo'yicha sinflanishi.

Mashinasozlikdagi eng ko'p qo'llanilishga ega kompozitsion materiallar yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan ingichka (5...20 mkm) shisha tolalari hisoblanadi. Bu materiallar ikkita katta guruhga bo'linadi: tolalari tartibli joylashgan va tolalari tartibsiz joylashgan polimerli kompozitsion materiallar.

Tolalar bilan armaturalangan kompozitsion materiallarning mexanik xossalari nafaqat tolalarning xossalariga, balki matritsaga ta'sir etuvchi yuklamani qay darajada tolaga uzatilishiga ham bog'liq. Bu holda matritsa va tolalar orasidagi fazalararo bog'lanish muhim rol o'ynaydi.

Kompozitsion materialni mustahkamligi va bikrligining o'rinish effekti yetarli bo'lishi uchun qo'llaniladigan tolaning uzunligi qandaydir kritik qiymatdan ortiq bo'lishi kerak. Tolaning bu kritik uzunligi  $l$  diametri- $d$ , cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi -  $\sigma$  va matritsa bilan tolalar orasidagi bog'lanish mustahkamligiga (yoki matritsa materialining oquvchanlik chegarasiga, agar uning qiymati bog'lanish mustahkamligidan kichik bo'lsa) -  $\tau$  bog'liq. Keltirilgan ko'rsatgichlar orasidagi nisbat quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$l_c = \frac{\sigma_j d}{2 \tau} \quad (12.3)$$

Iurli matritsalarini shisha va uglerodli tolalar bilan bir qator kombinatsiyasi uchun uzunlikning kritik qiymati  $l$  mm tolaning diametri 20 dan 150 martagacha o'zgarganda.

Agar matritsada hosil bo'lgan kuchlanish  $\sigma_j$  ga va tola uzunligi kritik qiymatga teng bo'lsa, u holda kuchlanishlar profili 12.2-a



rasmdagidek bo'lad. Shunday qilib maksimal kuchlanish tolaning markazida ta'sir etadi. Tolaning kritik uzunligi qiymatidan ortishi bilan armaturalash effekti ahamiyatliroq bo'lad. Bu kuchlanishlar profili  $I > I$  tola uchun ta'sir etuvchi kuchlanish tolaning mustahkamlik chegarasiga teng sharti bilan ko'rsatilgan.

Sintetik tola ko'rinishidagi (propilen tolasi, kapron, lavsan, vinol kabilar) to'ldiruvchili termoplastlar istiqbolli hisoblanadilar. Bunday tolalar kimyoviy tabiati bo'yicha bog'lovchi materialiga yaqin turadi va shuning uchun ham ularda yuqori mustahkamlik ta'minlanadi (tola va matritsa birgalikda ishlaydi). Tolali termoplastlarning oquvchanligi tolasizga nisbatan 5 martagacha kamayadi, muddatli mustahkamligi esa o'nlab marta ortib ketadi. Tolali termoplastlardan podshipniklar, tishli g'ildiraklar, trubalar, ventillar, agressiv (tajavuzkor) muhitlar uchun idishlar va boshqalar tayyorlanadi.

**Termoreaktiv plastmassalar.** Bu turdagi polimerli kompozitsion materiallarning bog'lovchi moddasi sifatida termoreaktiv smolalardan foydalaniladi. Ularga, odatda, qo'yilgan talabga qarab plastifikatorlar, qotirgichlar, tezlatgichlar yoki sekinlatgichlar, erituvchilar qo'shiladi. Bog'lovchiga qo'yiladigan asosiy talablarga yelimlash xossasining (adjeziya) yuqoriligi, issiqbardoshligi, kimyoviy turg'unligi va elektr izolatsiyalovchi xossalarning yuqoriligi, qayta ishlash texnologiyasining soddaligi, cho'kishining kamligi, zaharli emasligi kabilar kiradi.

Plastmassa ishlab chiqarishda fenolformaldegidli, kremniy organik, epoksidsmolasi, poliefirlar va uning turli modifikatsiyalari keng qo'llaniladi. Bularning ichida epoksid smolasi to'ldiruvchilar bilan nisbatan yuqori yelimlanish xossasiga ega bo'lib, mexanik xossalari yuqori bo'lgan PKM lar olish imkonini beradi. Kremniy organik to'ldiruvchili shisha tolali plastiklarning uzoq vaqt davomida qizdirilishi natijasidagi issiqbardoshligi 260...370°C ni, fenolformaldegidli to'ldiruvchilisi 260°C ni, epoksid smolalisi 200°C ni, poliamidlisi 280...350°C ni tashkil etadi. Yuqoridagilar asosidagi plastmassalardan katta o'lchamli buyumlar olish mumkin.

**Tolali to'ldiruvchili plastmassalar.** Bu guruhdagi plastmassalarga voloknitlar, asbotolalilar, shishatolalilarni kiritish mumkin.

Voloknit deganda paxtaning chiqindi tolasini fenolformaldegidli bog'lovchi bilan to'yintirib olingan material tushuniladi. Boshqa press-poroshoklardan olingan tolalarga qaraganda bular ancha yuqori zarbiy qovushoqlikka ega bo'ladi. Shuning uchun ular egilishga va buralishga ishlovchi umumiy texnik detallar tayyorlashda qo'llaniladi (dastaklar, ustunlar, qopqoqlar, yo'naltiruvchi vtulkalar, shkiplar, maxoviklar va shu kabilar).

Asbovoloknitlar tarkibiga asbestli to'ldiruvchilar kiradi. Bog'lovchi bo'lib esa asosan fenolformaldegid smolasi xizmat qiladi. Asbotolalilarning afzal tomoni bo'lib yuqori issiqbardoshligi ( $200^{\circ}\text{C}$  dan ortiq), kislotali muhitga chidamliligi va yuqori friksion xossasi kabilar hisoblanadi. Shuning uchun asbotolali PKM lardan tormoz qurilmasi materiali, kislotabardosh apparatlar, vannalar, trubalar kabilar olinadi.

Shisha tolalilar bu sintetik smola asosidagi bog'lovchi va shisha tolali to'ldiruvchili polimerli kompozitsion materialdir. Bunday materiallarning to'ldiruvchilari bo'lib uzluksiz va qisqa shisha tolalari xizmat qiladi.

Shisha tolaning mustahkamligi tolasini diametrining kamayishi bilan keskin ortib boradi. Amaliy maqsadlarda tolaning diametri 5...20 mkm (mustahkamlik ko'rsatkichlari  $\sigma_r = 600...3800$  Mpa va  $\varepsilon = 2...3,5$  % ga teng) olinadi.

Tolalari tartibsiz joylashgan materiallar. Shisha tolali PKM larning bu turi to'ldiruvchining uncha uzun bo'lmagan kalta tolalari tartibsiz joylashgan materialdir. Bu holat PKM lardan metall armaturali murakkab shakldagi detallar olish imkonini beradi. Olingan material press-poroshoklarga qaraganda ancha mustahkam bo'ladi. Misol qilib AI-4B va DCB markali materiallarni keltirish mumkin. Ulardan kuch uzatuvchi elektrotexnik detallar, mashinasozlik detallari (zolitniklar, nasoslarning zichlagichlari va boshqalar) tayyorlanadi. Shu turdagi yana boshqa markadagi materiallardan avtomobil kuzovlari, lodkalar, priborlarning korpuslari va boshqalar tayyorlanadi.

Tolalari tartibli joylashtirilgan shisha tolali PKM lar. Bu turdagi materiallarda uzun tolalar ma'lum tartibda joylashtirilgan va bog'lovchi bilan ishonchli birikkan bo'ladi. Shisha tolali materiallar

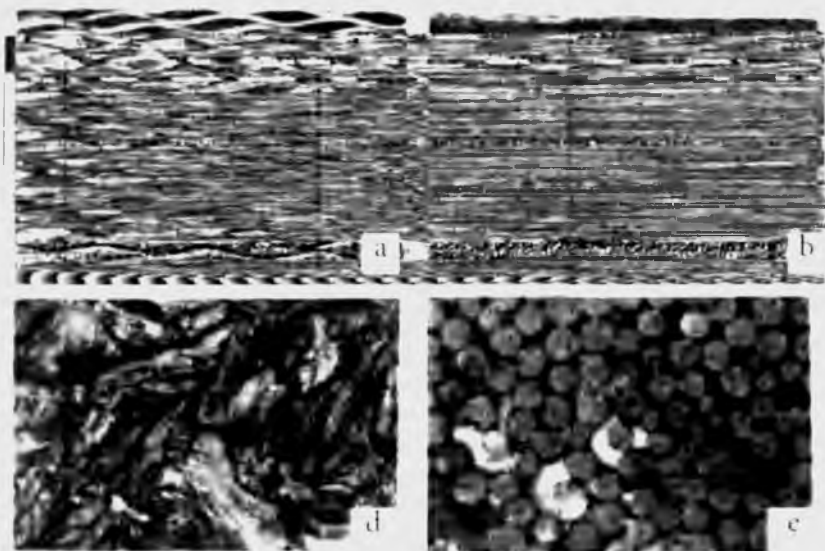
60...200°C gacha temperaturada, tropik sharoitlarda ishlay olib katta inersion yuklanishlarga chidamli bo‘ladi. Ikki yil davomida eskirish ko‘rsatkichi  $K_e = 0.54...0.7$  ga tengligi aniqlangan. Ularning mexanik va elektrik xossalriga yorug‘likning ionlashtiruvchi ta’siri kam. Ulardan yuqori aniqlikdagi detallar tayyorlanadi.

Stekloplastiklarni an’anaviy konstruksion materiallar (po‘latlar va rangli metallar) o‘rniga ishlatish natijasida konstruksiya massasini 15...40% ga kamaytirish imkonini beradi, tayyorlashdagi mexnat sarfi 1.3...3 marta kamayadi, kamyob rangli metallar va zangbardosh po‘latlar o‘rnini almashtiradi, konstruksiyani agressiv muhitlardagi ishonchliligi va uzoq muddat ishlay olish qobiliyatini oshiradi, maxsus xossalarga (radio hamda yorug‘lik shaffofligi, qiyin yonuvchi va boshqalar) ega bo‘lishini ta’minlaydi.

**Shisha tolalari.** Shisha tolalari ancha kichik zichlikka ega bo‘lish bilan birga issiqbardoshlilik, kimyoviy turg‘unlik va mustahkamlik, past issiqlik o‘tkazuvchanlik va boshqa xossalarga ega bo‘ladi. Ular olovda yonmaydi, biologik ta’sirlarga chidamli bo‘ladi.

Shisha tolalarining ikki xil turi mavjud: uzluksiz va shtapelli. Birinchisiga cheksiz katta uzunligi, to‘g‘ri chiziqlilik va ipdagi tolalarning parallel joylanganligi xos bo‘lsa, ikkinchisiga – kaltaligi, egriligi va fazoviy tartibsiz joylashganligi xosdir.

Odatda shisha tolalari dumaloq silindr shaklida bo‘ladi, boshqalari esa, ichi bo‘sh, murakkab shaklli bo‘ladi. Murakkab shakllilarga kesim yuzasi uchburchak, kvadrat, oltiburchak shakllarda, tolasi lentasimon va yuzasi tekis yoki notekis shaklda bo‘lishi mumkin.



**12.3-rasm. Shisha tolali materiallarga ba'zi misollar.**

Olish texnologiyasi. Uzluksiz shisha tolalilar yo'g'on tolani bir yoki ikki bosqichda cho'zish orqali yoki shisha shtapelidan olinadi (12.3-rasm).

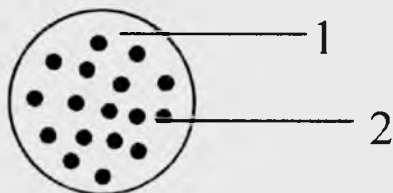
Shisha tarkibi olish usulini, shakllantirish sharoitini, qo'llanilish sohasini belgilaydi. Texnik sohalar uchun shisha tolalari turli tarkibli shisha oynalaridan yuqori mustahkamlikdagi yuqori modulli shisha tolalari, past va yuqori dielektrik o'tkazuvchanlikdagi shisha tolalari, varimo'tkazuvchi va boshqalar maxsus tarkibli shishalardan olinadi.

Zamonaviy mashinasozlik materiallarini ishlab chiqarishda ajoyib xossalarga ega bo'lgan polimer kompozit materiallarga bo'lgan e'tibor kundan-kunga ortib bormoqda. Jumladan 2016-yilda dunyo miqyosida polimer kompozit materiallar ishlab chiqarish hajmi 12 mln. ton-nadan oshib ketdi. Polimer kompozit materiallar ishlatilish sohalari kengayib bormoqda. Bugungi kunda o'ta puxta bo'lgan materiallar olish texnologiyalari ishlab chiqilgan va ular asosida puxta va pishiqlik materiallar olinmoqda. Avtomobilsozlik, kemasozlik, radiotexnika,

qishloq xo'jaligi mashinalari, samolyotsozlik va kosmonavtika texnikalarining 20–60 % ehtiyot qismlari aynan polimer kompozit materiallardir.

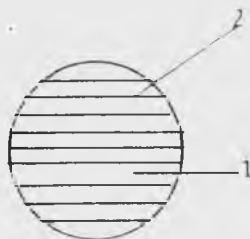
Polimer kompozit materiallarning juda ko'p turlari mavjud. Jumladan, plastmassalar, metall plastiklar va boshqalar.

Plastmassalar asosan polimerlardan olinib, ularning og'irligi metallarga nisbatan 4–8-marta kam, pishiq va puxta, korroziya (chirish)ga barqaror, olinish usuli oson va xomashyo resursiga boydir. Plastmassalarning pishiqligi, puxtaligi va tannarxini arzonlashtirish maqsadida turli xil to'ldiruvchilardan foydalaniladi. Plastmassalar tarkibidagi to'ldiruvchilarning turiga ko'ra ular quyidagi turlarga bo'linadi:



**12.4-rasm. Kukunsimon to'ldiruvchilar bilan to'ldirilgan plastmassalar: 1–bog'lovchi asos; 2–kukunsimon to'ldiruvchi.**

Kukunsimon to'ldiruvchilar bilan to'ldirilgan plastiklar zamonaviy materialshunoslikda dunyo miqyosida keng va ko'p miqdorda ishlab chiqarilmoqda. Bunday plastmassalarda bog'lovchi asos sifatida termoreaktiv yelimlardan (epoksid yelimi, fenolformaldegid yelimi, furanformaldegid yelimi va h.k.) keng foydalaniladi, to'ldiruvchi sifatida kvars, chinni tolkoni, grafit, vollastonit, qum, kaolin kabi minerallardan keng foydalaniladi. Bunday materiallar issiqbardosh bo'lib, ishqalanuvchi detallarda keng ishlatiladi, shuningdek qurilish materiallaridan dekorativ materiallar olishda keng miqyosda ishlab chiqarilmoqda. Kukunsimon to'ldiruvchilar bilan to'ldirilgan plastiklar ancha yengil, arzon va ishlab chiqarish texnologiyasini qulay va arzonligi bilan bugungi xaridorlar uchun ma'qul kelmoqda.



**12.5-rasm. Tolalar bilan to'ldirilgan plastmassalar:**  
**1— bog'lovchi asos; 2— to'ldiruvchi tola.**

Tolalar bilan to'ldirilgan plastmassalar juda yuqori puxtalikka va pishiqlikka ega, siljishdagi va cho'zilishga mustahkamligi yuqori bo'lib, metallarga nisbatan solishtirma og'irligi 4–8 marta kamdir. Tolalar bilan to'ldirilgan(sinchlangan) plastmassalar bugungi kunda samolyotsozlik, kemasozlik, kosmonavtika texnikalari, avtomobilsozlik va mashinasozlik detallarini tayyorlashda juda keng miqyosda ishlab chiqarilmoqda. Quyidagi 12.1-jadvalda shisha, uglerod, organik tolalar bilan sinchlangan plastmassalarning mexanik xossalari keltirilgan.

12.2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar uzluksiz tolalar bilan sinchlangan plastiklardir. Shishaplastiklar tipik konstruksion materiallar bo'lib, ularda bog'lovchi asos sifatida polikondensatsion yelimlar, to'ldiruvchi sifatida esa shisha tolali materiallar ishlatiladi.

### **Tolalar bilan sinchlangan plastmassalarning xossalari**

*12.2-jadval*

Xossalar	Shishaplastiklar	Ugleplastiklar	Organoplastiklar
Tola miqdori, %	70–75	60–70	65–75
Soushtirma zichligi, kg m <sup>3</sup>	2000–2100	1550–1600	1350–1400
Siljishdagi mustahkamligi, GPa	2,5–2,8	1,8–3,5	3,5–4,0
Siqilishdagi mustahkamligi, GPa	2,0–2,5	1,2–1,8	0,35–0,40
Ilastiklik moduli, GPa	70–75	150–200	100–120

Shishaplastiklar zarba ta'siridagi va dinamik yuklanishlarga yaxshi bardosh beradi va konstruksion elementlarining tebranishlarini so'ndiradi. Kimyoviy barqaror shishaplastiklar ishlatilishi 150°C dan yuqori bo'lmagan haroratlarda agressiv muhitlar ishlatish bilan bog'liq bo'lgan keng miqyosli texnologik protsesslarni (masalan, sulfat kislota, xlor, mineral o'g'itlar va kaustik soda ishlab chiqarish) ancha ratsional amalga oshirishga imkon beradi. Ular orasida eng muhimi ko'p qatlamli shishaplastiklardir. Ularning 2–3 mm qalinlikdagi dastlabki ikki qatlamida massasi jihatdan tegishli 10–25% shisha tola bo'lib, tarkibida 60–65% shisha tola to'ldiruvchi bo'ladigan konstruksion qatlamga (kuch qatlamiga) agressiv suyuqlikning o'tishiga to'sqinlik qiladi, ya'ni u termik to'siq rolini bajaradi. Molekulalar tartibga solinib, parallel joylashtirilgan shisha tolalardan bog'lovchi modda (yelim) qo'shish yo'li bilan olinadigan shisha tolali kompozit material nihoyatda mustahkam bo'ladi va yirik omborlar, truboprovodlar, estakadalar, yuqori bosimli gaz ballonlar va hokazolar olishda ishlatiladi.

Ugleplastiklar zamonaviy mashinasozlik materiallaridan biri bo'lib, bunday yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan ugleplastiklarga dunyo miqyosida talab yildan-yilga ortib bormoqda. Ugleplastiklar juda yengil va o'ta yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan kompozit materialdir. Ugleplastiklardan samolyotsozlik detallari, o'ta tez uchuvchi raketa texnikalari, mashinasozlik, kosmik texnikalar, meditsina anjomlari, protezlar, yengil velosipedlar va sport velosipedlari va boshqalarni ishlab chiqarishda keng miqyosda qo'llanilib kelinmoqda.

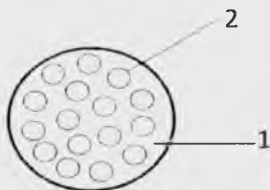
Organikplastiklar ham keng miqyosda avtomobilsozlik, kemasozlik, mashinasozlik, samolyotsozlik, kosmonavtika texnikalari, radioelektronika, kimyoviy mashinasozlik, sport anjomlari va boshqalar ishlab chiqarilmoqda.

Uzluksiz tolalar bilan to'ldirilgan plastmassalarda tola miqdori 60–80 % gacha miqdorda sinchlab olinadi. Ishlab chiqarishning zamonaviy usullarida tola miqdorini plastmassalar tarkibida ko'paytirish borasida izlanishlar olib borilmoqda va tola miqdorini 85–90 % gacha yetkazish ko'zda tutilgan.



**12.6-rasm. Qisqa tolalar bilan to'ldirilgan plastmassalar:**  
**1—bog'lovchi asos; 2— to'ldiruvchi qisqa tola.**

Qisqa uzunlikdagi(uzlukli) tolalar bilan sinchlangan plastmassalar ham yaxshi mexanik xossalarga ega bo'lib mashinasozlik, avtomobilsozlik, kemasozlik sohaslarida keng miqyosda dunyo bo'yicha ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. Tolalar bilan sinchlangan plastmassalarda bog'lovchi asos (termoreaktiv yelimlar) va to'ldiruvchi tolalar bilan yuqori mustahkamlikdagi materiallar olinib kelinmoqda. Qisqa tolalar bilan sinchlangan plastmassalarda tola miqdori 10–25% gacha bo'lib, yuqori pishiqlikka, puxtalikka ega bo'lib kimyoviy agressiv muhitlarga chidamlidir.



**12.7-rasm. Gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar:**  
**1—bog'lovchi asos; 2— to'ldiruvchi gaz.**

Gaz bilan to'ldirilgan plastmassalar ham yaxshi mexanik xossalarga egadir. Jumladan bunday materillar qurilish materiallari, kemasozlikda keng foydalaniladi. Bunday materiallar ham yuqori pishiqlik va puxtalikka egadir. Ayniqsa binolarni, avtomobillar, suv transport vositalari, qishloq xo'jaligi texnikalarini germetikligini ta'minlashda



keng foydalaniladi. Chunki bunday materiallar issiq va sovuqni o'tkazmasligi, suv va namlikni o'zida saqlab qolishi, tebranish va zarbaga mustahkamligi, yengil va puxtaligi, foylanish qulayligi bilan o'z afzalligiga egadir.

Metallplastiklar mashinasozlik materiallarini ishlab chiqarishda keng foydalanib kelinayotgan va yildan-yilga ularga bo'lgan talab ortib borayotgan zamonaviy istiqbolli materiallardandir. Metallplastiklardan qurilish inshootlarida, bino va inshootlarning tashqi bezagida, eshik va deraza romlarini ishlab chiqarishda keng foydalaniladi. Bunday materiallarning chidamliligi uzoq muddatli bo'lib, havoning agressiv ta'siriga, quyosh radiatsiyasi, namlik va issiqqa bardoshliligi, yengil va puxtaligi bilan o'zining afzalliklariga egadir. Shuningdek mashinasozlik, kemasozlik detallarini ishlab chiqarish miqyosi yildan-yilga ortib bormoqda.

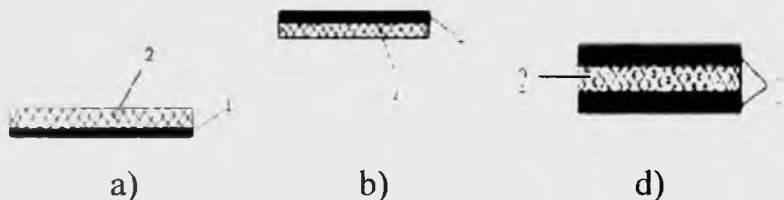
Quyidagi 12.4–12.8-rasmlarda metalplastikli quvurlarning ko'ndalang kesim yuzalari keltirilgan. Tashqi qismi plastik bilan qoplangan quvurlardan suv, neft va gaz tarmoqlarida foydalaniladi. Bunday metallplastikli quvurlarning afzalligi ularni metall quvurlarning ustki qismi plasmassadan bo'lgani bois chirimaydi, elektr izo-latsiyasi yuqoridir.



**12.8-rasm. a–metall quvurga tashqi qo'llangan plastik, b– metall quvurga ichki qo'llangan plastik: 1–metall quvur, 2–plastik qo'llanma.**

Shuningdek metallplastiklarning ishlatish sohasiga qarab metall listlarning tashqi, ichki va metallarning orasiga ham plastiklar qo'llab

ishlab chiqariladi. Bunday materiallardan kemasozlik, avtomobilsozlik, samolyotsozlik va boshqa ko'plab mashinasozlik, sanoat va uy-joy qurilishi tarmoqlarida ishlatiladi.



**12.9-rasm. a—metall listga tashqi qo‘llangan plastik, b—metall listga ichki qo‘llangan plastik, d—metall list orasiga qo‘llangan plastik: 1—metall list, 2—plastik qo‘llanma.**

**Polimerlardan buyumlar ishlash usullari.** Polimer materiallardan istalgan shakldagi xilma-xil buyumlar, shuningdek, ip, plyonka, list, quvur va boshqalar tayyorlanadi.

Polimerlarning o‘ziga xos fizik va texnologik xossalari ularni buyumlarga va yarim tayyor mahsulotlarga aylantirishda maxsus usullardan foydalanish talab etiladi. Polimerlarni buyumlarga aylantirishning asosiy usullariga ekstruziyalash, odatdagi usulda quyish, bosim ostida quyish, odatdagicha presslash, quyma presslash, ko‘pirtirish, payvandlash, qizdirib purkash, randalash, shuningdek, dastgohlarda qirindi yo‘nib olish yo‘li bilan ishlash usullari kiradi.

### **Sinov savollari:**

1. Kompozitsion materiallarni asosiy uch tipini ayting va asosiy ko‘rsatgichlarini nomlang.
2. Matritsani mayda zarrachalar bilan kompozitni armaturalash (armirovat) qilganda to‘ldirgichni yirik zarralarini qo‘llab kuchaytirish mexanizmlaridagi farqni ko‘rsating.
3. Tolalarni uzunligi va ularni orientatsiyasidan chiqqan holda, tolalar bilan armirovat qilingan uch tipdagi kompozitlarni farqini ko‘rsating. Har bir tipdagi kompozitning mexanik xossalari farqini izinglang.

4. Mahsulotda bo'ylama joylashgan uzluksiz tolalar bilan armaturalash qilingan materiallarni mustahkamligi va bo'ylama elastiklik modulini hisoblang.

5. Mahsulotda bo'ylama joylashgan kalta tolalar bilan armaturalash qilingan materiallarni bo'ylama mustahkamligini hisoblang.

6. Plastmassalarni kuchaytirish uchun qo'llaniladigan uchta asosiy tipdagi armaturali tolalarni nomlab bering; har birini afzallik va kamchiliklarini ko'rsating.

7. Metall matritsali kompozitlarda qanday xossalarni olish maqsadga muvofiq?

8. Keramik matritsali kompozitlar olishning asosiy sababini ko'rsating.

## 13-BOB. NANOTEXNOLOGIYA ASOSIDA OLINGAN MATERIALLAR

### 13.1. Nanomateriallar haqida umumiy tushuncha

“Nanotexnologiya” termini birinchi marta yapon olimi N. Tanituchi tomonidan 1974-yilda ishlatilgan.

“Nano” soʻzi milliarddan bir qism, milliardning bir qismi degani va (NM)= $10^{-9}$  m degani. Eslatamiz, angstrom= $10^{-8}$  sm (1 millimetr= $10^{-3}$  m, 1 mikrometr= $10^{-6}$  m). Demak, nano bu uzunlik birligi. Buni “sezib” taqqoslash uchun, shuni aytish kerakki, inson sochining qalinligi diametri taxminan 50000 nanometrga teng.

Hozirda nanotexnologiyaga yiliga 9–10 milliard dollar sarf qilin-yapti: AQSH da 4–5 milliard, Yaponiyada 2–3 milliard. Lekin nanotexnologiyadan keladigan foydani 2015–2020-yillar davomida bir necha trillion dollarga yetishi kutilmoqda.

Nanotexnologiya sanoatda 1994-yildan boshlab qoʻllanila boshlagan.

**Nanomateriallar** – bular moddalar va moddalar kompozitsiyasi-dir, qaysilarki, sunʼiy yoki tabiiy tartibga solingan yoki solinmagan nanometrik xarakteristikali oʻlchamli bazaviy elementlar tizimi sistemasidir. Bularda nanometrik oʻlchamli elementlarni koope-ratsiya qilganda (birlashtirganda-yiqqanda) ularni oʻzaro fizikaviy va kimyoviy taʼsiri alohida (maxsus) namoyon boʻladi. Bularning ham-masi materiallar va sistemalarda ilgari maʼlum boʻlmagan xossalarni paydo boʻlishini taʼminlaydi: mexanik, kimyoviy, elektrofizik, optik, teplofizik va h.k.



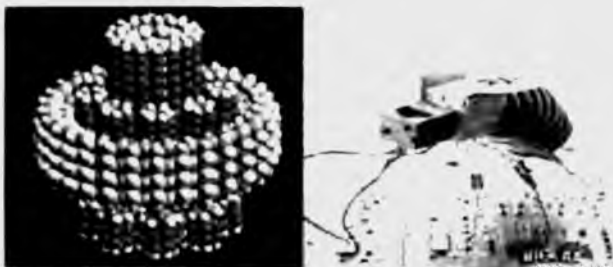
Hozirgi vaqtda nanomateriallarni (molekular o'lchamli yoki unga yaqin darajada strukturalashtirilgan) har xil istiqbolli usullaridan foydalaniladi. Usullarni nanoobyekt yuzaga kelish prinsipiga qarab asosan ikki guruhga bo'linadi. 1) Materiallar yuzalarida nanostruktura hosil qilish: neytronatomlar, ionlar elektronlar tutamlari bilan tishlash plazma bilan xurushlash ("travlenie") va boshqa usullar bilan ishlash. 2) Nanoobyekt-nanomaterialni atomma-atom yoki molekulama-molekula yig'ish. Nanoobyektlar ikki usulda olinadi.



### **Hayotimizni yorituvchi nanomateriallardan tayyorlangan lampochkalar**

1) **Sun'iy usullar:** Olinayotgan nanoobyekt xarakteriga qarab har xil usullar qo'llaniladi: fizikaviy, kimyoviy, biologik va boshqalar. Ba'zi hollarda bir nechta birgalikda. Nanoobyektlarni o'ta vakuum sharoitida, suyuq muhitda yoki gaz atmosferasida olish mumkin.

2) **O'z-o'zidan yig'ilish:** Bunga nanotexnologiyada katta e'tibor beriladi. O'z-o'zidan yig'ilish molekulalarni hamma vaqt energiyasi kam sathga o'tishga intilishi natijasiga asoslangan.



O‘z-o‘zidan yig‘ilishda nanokonstruktor yuzaga yoki oldindan yig‘ilgan nanokonstrukturaga muhim ma’lumotlar yoki molekularlar kiritiladi. So‘ngra molekularlar o‘zlarini ma’lum holatda tekislaydilar to‘g‘rilaydilar, ba‘zan kuchsiz bog‘lanish hosil qilib, ba‘zan kuchli kovalent bog‘lanish qilib.

O‘z-o‘zidan yig‘ilishning yana bir turi – bu kristallarni o‘stirishdir. Kristallarni eritmadan o‘stirish mumkin, dastlabki (kurtak, homila) kristalldan foydalanib. Bunda katta emas kristall tarkibida o‘zi material ko‘p bo‘lgan muhitga (ko‘proq eritmaga) joylashtiriladi. So‘ngra bu komponentlarga kichkina kristall yoki kurtakka-homilaga taqlid (“imitatsiya”-o‘xshash) qilishga ruxsat qilinadi. Mikrochiplarni yaratishda ishlatiladigan kremniyli bloklar shu tarzda o‘stiriladi.

Nanostrukturalarni tabiiy hosil bo‘lishi. Bu hodisa ko‘proq rudalarni hosil bo‘lishiga tegishli. An’anaviy yondashish bo‘yicha kristallanish quyidagi yo‘llar bilan amalga oshadi:

- moddalarni kondensatsiyasidagi (energiya yig‘ishdagi) hosil bo‘lgan parlardan;
- eritmalardan, ularni sovib-qotishidan;
- eritmalardan, erigan moddani cho‘kishi natijasida;
- qattiq holatdagi diffuzion o‘zgarishlaridan.

Bular tog‘ jinslarini barchasiga, shu bilan birga oltinga ham tegishli.

### 13.2. Nanomateriallarni qo‘llanilishi

Hozirda nanomateriallar juda kop sohalarda qo‘llaniladi; sanoatda, nanoelektronikada, nanooptikada, nanobiologiyada, nanospektroskopiyada, nanomeditsinada, nanoelementlarda va h.k.

Nanomateriallarni sanoatda qo'llanilishi alohida ahamiyatga ega. Bu materiallarning xossalari prinsipial farq qilgani uchun sanoatni kop sohalarida ishlatiladi.

Albatta birinchi navbatda nanomateriallarni qo'llash yuqori mexanik xossali yangi konstruksion materiallarni yaratishga imkon beradi. Nanostrukturali moddadan yasalgan rezbali mahsulot (detal) yuqori mustahkam bo'ladi. Masalan avia va avtomobilsozlikda ishlatiladigan titandan yasalgan mahsulot nanostrukturali qilib olinsa, uning chidamliligi uzoq umr ko'rish (dolgovechnost) 1,5 marta oshadi, rezbani yasash mehnat sig'imi kamayadi.



Nanostrukturali aluminiy qotishmalaridan murakkab formadagi yengil mahsulotlarni yuqori tezlikda o'ta plastik deformatsiyalab (bosim bilan ishlab) detallar yasash mumkin. Bu sharoitda shtampli barcha teshik, burchak va h.k. lari to'liq to'ladi, deformatsiya kuchi pasayadi, forma hosil qilish harorati pasayadi ( $450^{\circ}\text{C}$  dan  $350^{\circ}\text{C}$  gacha). Ma'lumki, hozirda bu usul bilan ichki yonar dvigateli porshenlari (murakkab formadagi) yasaladi.

Nitridli legirlangan keramik nanostrukturali moddalardan tuzilgan material olovbardosh bo'ladi va ulardan ichki yonar dvigatellar, gaz turbinalari, keskich plastinkalari yasaladi.

Metallurgiyada esa nanomaterialdan yasalgan o'tgabardosh material keramika qo'llaniladi.

Hozirda nanoparoshoklar ko'p funksiyali qo'shimcha sifatida juda keng qo'llaniladi: motor, transmissiya va industrial moylarga, plastik moylarga, bosim ostida ishlaydigan jarayonlarda ishlatiladigan

texnologik moylarga, metallarni qirqishdagi moylovchi-sovituvchi suyuqliklarga, sayqallashdagi (dovodno pritirichnqe) pasta va suspenziyalarga qoʻshiladi.

Tarkibida plastmassa va polimerlar boʻlgan kompozitsion materiallarga metallarning nanokukunlarini qoʻshish ancha istiqbolli yoʻnalishdir. Bu yoʻl bilan plastikmagnit, elektr oʻtkazadigan rezina, tok oʻtkazadigan kraska, kley va h.k. xossalari kompozitsion materiallar olish mumkin. Metallarni nanokukunlari qoʻshilib yonmaydigan polimerlar olinadi.

Umuman, nanomaterialli qoʻllamalar bir tekisda, bir xil qalinlikda, bir xil zichlikga yetadi, olovbardosh boʻladi.

AQSHning Yelekiy universtiteti olimlariga tibbiyotda nanomateriallarni (texnologiyani) qoʻllashni oʻrganishga 6,5 mln. dollar hajmida pul ajratilgan. Olimlar insonlarning tirik toʻqimalariga impluatatsiya qilinadigan biomimetik nanooʻtkazgichni yaratyaptilar.



Bundan buyon quyosh energiyasidan foydalanish energetika sohasidagi dolzarb masala boʻlib qolaveradi. Nanotexnologiya asosida yaratilgan mis-indiy-dieselenid-galliy (CIGS-plyonka) plyonkasini fotoelektrik effekti (samaradorligi) hozirgi zamon quyosh elementlarinikidan 20% ga koʻproq.

### 13.3. Nanooʻlchamli materiallarni olish usullari

Nanomateriallarni olish usullariga boʻlish negizida nanomaterialni sintez boʻlish jarayoni yotadi. Shu nuqtayi nazardan olish usullari quyidagi turlarga boʻlinadi: mexanik, fizik, kimyoviy va biologik.



Mexanik usul materiallarga katta deformatsiyalovchi kuch ta'siriga asoslangan: bosim, egish, vibratsiya, ishqalash, kavitatsion jarayonlar va h.k. Fizik usullar asosida fizik o'zgarishlar yotadi: bug'lanish, kondensatsiya, toblash, termosikllash va boshqalar. Kimyoviy usullar kimyoviy reaksiyalarga asoslangan: elektroliz, qaytarilish, termik parchalanish. Biologik usul oqsil tanachalarida o'tadigan biologik jarayonlarga asoslangan.

**Mayda zarrachalarga bo'lishni (disperslashni) mexanik usullari.** O'z navbatida bu nanomateriallarni olish usullari quyidagi guruhlarga bo'linadi: mexanikaviy maydalash, shiddat jadallik bilan deformatsiyalash, har xil muhitlarni mexanik ta'sirida.

**Nanomateriallarni mexanik maydalash bilan olish.** Bu usul maydalanayotgan qattiq materiallarga katta urilish kuchi va katta ishqalanish ta'siriga asoslangan. Bunda mexanik ta'siri impulsli bo'lishi kerak. Mexanik ta'sir zarrachaning ma'lum bir joyiga-nuqtasiga (lokalno) ta'sir qiladi. Kuch impulsli va lokal bo'lganidan kichkina vaqtda nisbatan katta kuch ta'sir qiladi. Mexanik maydalash har xil qurilma va moslamalarda olib boriladi: sharoviy, planetar, vibratsiyali, girdob (vixr), gidroskopik, oqimli tegirmonlarda bajariladi, attritorli qurilmalarida bajariladi. Tegirmonlarni ichida eng soddasi va keng tarqalgani bu sharoviy tegirmonidir.

Tegirmon silindr bo'lib, ichida maydalovchi jism bo'ladi: ko'pincha po'lat yoki qattiq qotishmali sharlar. Silindr aylanganda bu sharlar aylanish bo'yicha baraban bo'ylab ko'tarilib, eng tepasiga chiqqanda o'z og'irligi bilan pastga otilib tushib, maydalanuvchi materialni urib, maydalab deformatsiyalaydi. Maydalanish tezligi barabanning aylanish tezligiga bog'liq. Maydalangan zarracha formasi-siniq (oskolochniy)g'adir-budir bo'ladi. Attritorli qurilmalar, sharoviy tegirmonlarning bir turidir.

**Nanoo'lchamli kukunlarni yig'ish usullari.** Nanomateriallar olish usullarini ko'pchiligini natijaviy mahsuloti bu – kukun. Ba'zi materiallarni nanostukturalarini katta hajmda yaratish qiyin, ba'zan esa mumkin emas. Nanokukunlardan hajmiy materiallar olish uchun, birinchi navbatda, har xil presslash jarayoni variantlari qo'llaniladi.

Jipslashgan buyum olish uchun, presslashni, pishirishni (“spekanie”), prokatlashni har xil texnologik jarayonlari qo‘llaniladi.

Amaliyot ko‘rsatadiki, materialni dispersligi ortishi bilan jipslashishligi kamayadi. Presslash – bu kukunga bosim ta‘sirida forma berish-formalash. Natijada talab qilingan forma, o‘lcham va zichlik olinadi. Presslash statik va dinamik gruppalariga bo‘linadi. Bularning har biri yana guruhlarga bo‘linadi:

1. Presslash haroratiga qarab: sovuq va issiq presslash.

2. Qo‘yilgan kuch xarakteriga qarab: bir o‘qli, ikki o‘qli, har tomonlama.

Kukun press formaga joylashtiriladi. Nanomateriallar presslanganda jarayon vakuum kamerasida olib boriladi. Bu usul bilan quyidagi nanokukunlar  $Dy_2O_3+TiO_2$ , aralashmasi kompaktlashtirilganpresslangan.

Agar buyum balandligini ko‘ndalang kesim o‘lchamiga nisbati birdan katta bo‘lsa, ikki o‘qli presslanadi, kamroq kuch sarflanadi.

Har tomonlama qisib presslanganda kuch kam sarflanib, sifati yuqori bo‘ladi. Bunga misol gidrostatik presslash. Qattiq materiallarni olishda magnit-impulsi presslash ishlatiladi. Impulsi magnit maydonidan “provodnik” ni otilib chiqishiga asoslangan.

Diamagnit magnit maydonidan itarilib chiqqan kabi, induktorni impulsi magnit maydoni bilan konsentrator yuzasini o‘zaro ta‘siri natijasida mexanikaviy impuls kuchi press-formada yig‘iladi. Elektr zanjirlanganda konsentrator magnit maydoni zonasidan itarib chiqariladi va kukun presslanadi. Impuls bir necha mikro sekund davom etadi: bosim  $R=1-2$  Gpa.



Dastlabki material yuklovchi moslamadan bir-biriga qarshi aylanayotgan jo'valar orasiga yo'naltiriladi. Ishqalanish kuchlari bilan kukun ergashtirilib polosaga-lentaga zichlanadi.

Bu usul bilan har xil qatlamlar olinadi va diffusion payvandlanadi.

Mundshtukli forma berish qiyin presslanadigan materiallar(qiyin eriydigan materiallar va qotishmalar, qattiq qotishmalar)ga qo'llaniladi. Kukun ma'lum forma va o'lchamdagi teshikdan qisib chiqariladi.

**Kukun metallurgiyasi haqida ma'lumotlar va kukunlarning olinish usullari.** Kukun metallurgiyasi usullari bilan suyultirilganda bir-birida erimaydigan metallardan, shuningdek qiyin eriydigan va o'ta toza metallardan qotishmalar olish mumkin. Kukunli metallurgiyada xomakilar, shuningdek, aniq o'lchamli turli detallar tayyorlanadi. Kukunli metallurgiya g'ovak materiallar va ulardan detallar, shuningdek, ikkita (bimetallar) yoki turli metallar va qotishmalarining bir necha qatlami ko'rinishidagi detallar tayyorlash imkonini beradi. Kukunli metallurgiya usullari otashga chidamliligi, yeyilishga chidamliligi yuqori, qattiqligi katta, belgilangan barqaror (magnit xossali, shuningdek alohida fizik-kimyoviy, mexanik va texnologik xossali – detallar olish imkonini beradi. Bunday detallarni quyish va bosim ostida ishlash yo'li bilan olish mumkin emas.

Kukun materiallardan detal va buyumlar olish protsessi metall kukunini tayyorlash, ulardan shixta tuzish, presslash, zagotovkani pishirishdan iborat. Metall kukunlari mexanik va fizik-kimyoviy usullar bilan olinadi.

Mexanik usullarda kukunlar qattiq metallarni maydalab, suyuq metallarni esa kimyoviy tarkibini o'zgartirmasdan to'zitib hosil qilinadi. Mo'rt qattiq materiallarni maydalash uchun sharli, uyurma va vibratsion tegirmonlardan foydalaniladi. Ishlov beriladigan material po'lat yoki cho'yan sharlarning zarbiy yoki ishqalovchi ta'siri bilan maydalanadi. Metall kukunlarni mexanik usullar bilan olishda ularning ifloslanishini hisobga olish zarur.

Sharli tegirmon po'lat barabandan iborat bo'lib, unga maydalovchi sharlar va maydalanadigan material solinadi. Sharli tegirmonda olingan kukun zarralari 100–1000 mkm o'lchamli noto'g'ri ko'p yoq-

lik ko'rinishida bo'ladi. Uyurma tegirmonlarda maydalash sharli tegirmonlarga nisbatan tezroq kechadi. Uyurma tegirmonining kamera-sida ikkita parrak bo'lib, qarama-qarshi tomonlarga aylanib, o'zaro kesishuvchi havo oqimlari hosil qiladi. Kameraga solingan material (sim bo'lagi, qirindi, qiyqimlar va boshqa mayda bo'lakchalar) ni havo oqimi ilashtirib olib ketadi, ular o'zaro bir-biriga urilib 50 dan 200 mkm gacha o'lchamli zarralarga maydalanadi. Hosil bo'lgan zarrachalar tarelka ko'rinishida, chetlari arrasimon bo'ladi.

Mo'rt metall karbidlari va oksidlaridan mayin kukunlar olish uchun vibratsion tegirmonlardan foydalaniladi. Vibrotegirmonlar eng umumli bo'lib, ularning ishi po'lat shar va silindrlarning tegirmon barabanining katta chastotali aylanma tebranma harakati tufayli maydalanadigan materialga yuqori chastota bilan ta'sir qilishiga asoslangan.

Qalay, qo'rg'oshin, aluminiy, mis, shuningdek, temir va po'lat kukunlarini olish uchun havo, suv, bug' yoki inert gazlar kinetik energiyasi bilan suyuq metallni to'zitish usulidan ham foydalaniladi. Olingan kukun zarralari 50–350 mkm o'lchamli bo'lib, sferik ko'rinishga yaqin.

Fizik-kimyoviy usullar bilan kukunlar olishda boshlang'ich materialning kimyoviy tarkibi va xossalari o'zgaradi. Metallarni oksidlardan kimyoviy qaytarish, suyultirilgan tuzlarni elektroliz qilish, karbonil va gidrogenizatsiya usullari asosiy fizik-kimyoviy usullar hisoblanadi.

Oksidlardan materiallarni kimyoviy qaytarish gazsimon yoki qattiq qaytargichlar bilan amalga oshiriladi. Gazsimon tiklagichlar sifatida tabiiy, domna gazlari, karbonat angidrid, shuningdek vodorod keng qo'llaniladi. Kimyoviy qaytarish natijasida hosil bo'ladigan g'ovak metall massa maydalanadi. Kukun olishning fizik-kimyoviy usullari ichida bu usul eng arzon hisoblanadi. 1–100 mkm o'lchamli dendrit ko'rinishdagi toza va nodir metallar (tantal, sirkoniy va boshqalar) ning kukunlari suyultirilgan metall tuzlarini elektroliz qilish usuli bilan olinadi. Elektroliz usuli ifloslangan xomashyodan toza kukunlar olish imkonini beradi. Karbonil usuli 1–800 mkm o'lchamli sferoid ko'rinishdagi magnitli temir, nikel va kobalt kukunlarini olish imko-

nini beradi. Bu usul bilan olingan mahsulot 200–300°C temperatura-da metall kukuni va uglerod oksidiga parchalanadi. Hidrogenizatsiya usuli asosida kalsiy gidrati bilan xromni qaytarish yotadi. Bunda hosil bo‘lgan ohak suv bilan yuviladi, metall kukuni esa 8–20 mkm o‘lchamli dendritlardan tashkil topadi.

Fizik-kimyoviy usullar bilan olingan kukunlar mayda dispersli va toza hisoblanadi.

Zarralari o‘lchamiga ko‘ra kukunlar granulometrik tarkibi bo‘yicha:

- 0,5 mkm gacha o‘lchamli ultra mayda;
- 0,5–10 mkm o‘lchamli juda mayda;
- 10–40 mkm o‘lchamli mayda;
- 40–150 mk o‘lchamli o‘rtacha mayda;
- 150–500 mkm o‘lchamli yirik xillarga bo‘linadi.

**To‘kilish massasi**, oquvchanlik, presslanuvchanlik va pishuvchanlik kukunlarning asosiy texnologik xarakteristikalarini hisoblanadi.

To‘kilish massasi erkin to‘kilgan 1 sm<sup>3</sup> kukunning grammlarda o‘lchangan massasidir.

Agar kukun o‘zgaras to‘kilish massasiga ega bo‘lsa, pishirilganda uning o‘zgaras kirishuvchanligi ta‘minlanadi. Olinish usuliga qarab, bitta kukunning to‘kilish massasi turlicha bo‘lishi mumkin. G‘ovakligi yuqori bo‘lgan buyum tayyorlash uchun to‘kilish massasi kichik bo‘lgan kukundan, asbob va mashinalarning turli detallarini tayyorlashda esa to‘kilish massasi katta kukunlardan foydalanish lozim.

**Oquvchanlik**–kukunning qolipni to‘ldira olish qobiliyatidir. U ma‘lum diametrli teshik orqali kukunning o‘tish tezligi bilan xarakterlanadi. Kukun zarralarining o‘lchami kamayishi bilan uning oquvchanligi yomonlashadi. Kukunning qolipni bir tekis to‘ldirishi va presslashda zichlanish tezligi ko‘p jihatdan oquvchanlikka bog‘liq.

**Presslanuvchanlik**–tashqi nagruzka ta‘siridan kukunning zichlanish xossasidir, u presslangan kukun zarralari o‘zaro qanchalik mustahkamlashganligini xarakterlaydi. Presslanuvchanlik materialning plastikligi, kukun zarrasining o‘lchami va shakliga bog‘liq bo‘ladi. Kukun tarkibiga sirtqi aktiv moddalar qo‘shilishi bilan ularning presslanuvchanligi ortadi.

***Pishuvchanlik*** deyilganda presslangan xomakini termik ishlash natijasida zarrachalarning ilashish mustahkamligi tushuniladi.

***Shixtani tayyorlash.*** Ma'lum kimyoviy va granulometrik tarkibdagi hamda texnologik xossalarga ega bo'lgan kukunlarning dozalanagan porsiyalari barabanlarda, tegirmonlarda va boshqa qurilmalarda aralashtiriladi. Shixtani bir tekis aralashtirish zarurati tug'ilsa spirt, benzin, glitserin va distillangan suv qo'shiladi. Ba'zan aralashtirish jarayonida turli vazifani o'tovchi texnologik qo'shilmalar qo'shiladi: presslanishni yengillashtirish maqsadida plastifikatorlar (parafin, stearin, glitserin va boshqalar), kerakli g'ovaklikka ega bo'lgan buyumlar olish uchun oson suyuqlanadigan qo'shilmalar, uchuvchi moddalar qo'shiladi.

***Xomaki va buyumlarni shakllantirish.*** Kukunlar sovuqlayin yoki issiqqlayin prokatlash hamda boshqa usullar bilan presslanadi.

Sovuqlayin presslashda press forma matritsasiga shixta solinadi va ish puansoni bilan presslanadi. Bosim olingach, buyum surib chiqaruvchi puanson bilan matritsadan chiqariladi. Presslash jarayonida kukun zarrachalari elastik va plastik deformatsiyalanadi. Bunda kukun zarrachalari orasidagi jiplashish ortadi g'ovaklik kamayadi. Bu esa kerakli shakl va mustahkamlikdagi xomaki olish imkonini beradi. Xomaki gidravlik yoki mexanik (eksentrikli, krivoshipli) presslarda presslanadi. Presslash bosimi kukun tarkibi va buyum vazifasiga ko'ra 200–1000 MPa bo'ladi.

Avtomatik harakatlanadigan presslar keng tarqalgan. Qabul qiluvchi bunkerga solinadigan shixta o'z og'irligi bilan to'ldiruvchi shlangga o'tadi. Shlang press–qolip ustida tugaydi, u press stoli bo'ylab surilishi mumkin. Pastki surib chiqaruvchi puanson vaziyati to'kiladigan kukun miqdorini belgilaydi, ya'ni ushbu holda press–qolipni dozalash va uni to'ldirish bir vaqtda bajariladi. Press–qolip olingach, shlang chetga suriladi va yuqori ish puansoni bilan kukunni qisish imkoniyati tug'iladi. Xomaki pastki puanson bilan surib chiqariladi, qolipni yana to'ldirish uchun shlang suriladi, xomaki bir vo'la stoldan maxsus novga surib tushiradi. Bunday presslar ba'zan bir necha press–qolip o'rnatilgan aylanuvchi stollar bilan jihozlanadi.

Avtomatik presslarning ish unumi bir soatda bir necha ming xomaki chiqaradigan darajada bo'lishi mumkin.

Issiqlayin presslashda press-qolipda buyum shakllantirilibgina qolmay, pishiriladi ham, bu esa fizik-kimyoviy xossalari yuqori bo'lgan g'ovaksiz material olish imkonini beradi. Issiqlayin presslashni vakuumda, himoya qilish yoki qaytarish atmosferasida, keng temperatura oralig'ida ( $1200\text{--}1800^{\circ}\text{C}$ ), sovuqlayin presslashga nisbatan ancha past bosimda bajarish mumkin. Odatda, kukunlar kerakli temperaturagacha qizdirilgach bosim ostida siqiladi. Bu usullardan qiyin deformatsiyalanadigan metallar (boridlar, karbidlar va boshqalar) dan buyumlar tayyorlashda foydalaniladi.

Metall kukunlarini prokatlash sovuqlayin yoki issiqlayin deformatsiyalash usuli bilan tasma, sim, polosa ko'rinishidagi buyumlar olishning uzluksiz protsessidir. Prokatlash vertikal, qiya va gorizontal yo'nalishlarda bajariladi. Vertikal holatda prokatlash buyumni shakllantirish uchun eng yaxshi sharoit hisoblanadi. Avvaliga kukun bunkerdan aylanma siquvchi valiklar orasidagi zazorga tushadi, xomaki holiga keltirish uchun qisiladi, so'ngra pishirish uchun pechga yo'naltiriladi, keyinchalik toza valiklarda prokatlanadi. Prokatlashda kukun hajmi bir necha marta kichrayadi. Tasmani prokatlashda valik diametrining tasma qalinligiga nisbati  $100:1$  dan  $300:1$  gacha bo'lishi kerak. Kukunlarni prokatlash tezligi quyma metallarni prokatlash tezligiga nisbatan ancha kichik bo'lib, kukunning oquvchanligi bilan cheklanadi. Shuning uchun aylanuvchi valiklar sirtining chiziqli tezligi metall kukunning bunkerdan chiqib, valiklar orasidagi zazorga surilish tezligidan kichik bo'lishi kerak. Prokatlash usuli bilan bir va ko'p qatlamli buyumlar, qalinligi  $0,025\text{--}3$  mm, eni  $300$  mm gacha bo'lgan tasmalar, diametri  $0,25$  mm va undan katta bo'lgan simlar va hokazolar olish mumkin. Protsessning uzluksizligi uni avtomatlashtirishni hamda yuqori unumdorligini ta'minlaydi.

Detal va buyumlarga kerakli mustahkamlik va qattqlik berish uchun ular pishiriladi. Pishirish operatsiyasi buyumni asosiy komponent suyuqlanadigan temperaturaning  $0,6\text{--}0,8$  qismiga qadar qizdirish va shu temperaturada ma'lum vaqt ushlab turishdan iborat. Pishirish qarshilikli elektr pechlarda induksion qizdirish yoki bevo-

sita pishiriladigan buyum orqali tok o'tkazish yo'li bilan amalga oshiriladi. Metall kukunlar oksidlanmasligi uchun pishirish argonli, geliyli muhitlarda, vakuumda yoki vodorod muhitida bajariladi. Tob tashlamasligi uchun yupqa va yassi detallar bosim ostida pishiriladi. Buyumlarga uzil-kesil shakl va aniq o'lchamlar berish uchun ular pardoqlash operatsiyalaridan o'tkaziladi; kalibrlanadi, kesib ishlov beriladi. kimyoviy termik ishlanadi, elektrofizik usullar bilan kerakli o'lchamiga yetkaziladi, qayta presslanadi.

Kalibrlash presslangan buyumni press-qolipdagi mos qirqimli teshikdan siqib o'tkazishdan iborat. Kalibrlash natijasida buyumning o'lchamlari aniqlashadi, sirti silliqlanadi, g'ovakligi kamayadi.

Presslangan zagotovkalaridan murakkab shaklli detallar (cho'zish uchun volokalar, qattiq qotishmali qistirmalar, shtamplarning matritsalar va hokazolar) olish; ichki va tashqi rezbalar qirqish; diametri kichik, lekin chuqur teshiklar olish uchun ularga kesib ishlanadi.

Kimyoviy-termik ishlash (azotlash, xromlash, sianlash va hokazo) metallardagi kabi bajariladi. G'ovaklikning mavjudligi, demak, yo'yilgan sirtning mavjudligi kimyoviy termik ishlash protsessini aktiv amalga oshirish imkonini beradi.

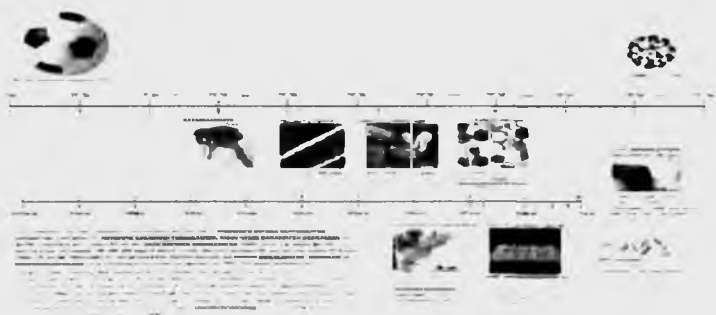
Elektr uchqunli va elektr impulsli elektrofizik usullar murakkab shaklli detallar olish uchun qo'llaniladi. Elektr uchqunli usulda ishlash mohiyati ikkita elektrod orasida elektr impulsli uchqunli razryaddan foydalanishdan iborat. Bunda ishlov beriladigan xomaki anod, asbob, katod vazifasini o'taydi. Elektr impulsli usulda ishlashda elektrodni ulashda teskari qutblilikdan foydalaniladi. Bu usullar tok o'tkazuvchi elektrodlar orqali impulsli elektr toki o'tkazilganda ularning eroziyalanishiga (yemirilishiga) bog'liq. Hosil bo'lgan razrvad tufayli ishlov beriladigan xomaki-elektrod sirtida juda qisqa vaqt oralig'ida temperatura 10000–12000°C gacha ko'tariladi, shu onda metall suyuqlanadi va bug'lanadi. Zagotovkadan ajralib chiqqan metall dielektrik suyuqlik muhitida zarralar ko'rinishida qotadi.

Qayta presslash usulidan murakkab shaklli detallar olishda foydalaniladi. Qayta presslash natijasida xomakining kerakli o'lchamlari va shakli ta'minlanadi. Birinchi marta presslanganda xomakining shakli oddiy, o'lchamlari taxminiy bo'ladi.



Mahsulot ishlab chiqarish jarayonida material yoki yarim tayyor mahsulot, xomashyo shakli, xossalari va holatini o'zgartiradigan usullar majmuyiga texnologiya deyiladi.

13.1-rasmlardagi uzunlik darajasi nanometrni anglatadi. Keltirilgan qiymatlar 1 metrdan  $10^{-10}$  metr oraliqni tasvirlaydi. Yer shari futbol koptogidan 100 000 000-marta katta, xuddi shuningdek  $S_{60}$  molekulasidan futbol koptogi shuncha marta katta. 100 nmdan 1 nmgacha bo'lgan oraliq pastda ifodalangan. Nanotexnologiya uchun kerakli va qiziqarli oraliq 100–0,2 nm hisoblanadi.



### 13.1-rasm. Nanotexnologiyani tushuntiruvchi rasm.

Doimiy harakatdagi nanodunyo rivojida yuz bergan quyidagi ikkita voqea muhim ahamiyatga ega bo'ldi:

1. Skanerlovchi tunnelli mikroskopning yaratilishi (G. Binnig, G. Rohrer, 1982-y.) va skanerlovchi kuchli–atom mikroskop (G. Binnig, K. Kuatt, K. Gerber, 1986-y. Nobel mukofoti, 1992-y.).

2. Uglerodning tabiatdagi yangi formasining kashf etilishi–fullerenlar (H. Kroto, J. Health, S. O'Brien, R. Curl, R. Smalley, 1985-y., Nobel mukofoti, 1996-y.).

Yangi mikroskoplar nanometrik o'lchamda monokrisstallar yuzasi atom-molekular tuzilishini o'rganish imkoniyatini yaratdi. Qurilma nanometrning yuzdan bir qismini ko'rsatadi. Skanerlovchi tunel mikroskopi ishlatishi, vakuum to'siqlari orqali elektronlar tunellashuviga asoslangan. Atom o'lchami kattaligida to'siq kengligi

o'z garganda tunel toki miqdori 3 barobarga o'zgaradi, bu esa uning yuqori aniqligini ta'minlaydi. Tunellovchi kvant nazariyasi 1928-yilda G.A.Gamov tomonidan alfa-parchalanish ishida asos solingan.

Hozirga vaqtda biologik obyektlar, organik molekularlar, baland haroratda ishlaydigan yuqori o'tkazuvchilar, yarimo'tkazgichlar, metallar monokristallari yuzasi atom strukturalari skanerlovchi mikroskoplar yordamida o'rganilmoqda.

Yangi mikroskoplar nafaqat moddalarning atom-molekular tuzilishini o'rganishda foydali bo'lmoqda. Ular yordamida nanostrukturalar hosil qilinmoqda. Mikroskop aniq o'tkir harakatlari natijasida atom strukturalari yaratilmoqda.

**Fulleren**—oldindan ma'lum bo'lgan olmos va grafit singari uglerodning bu shakli 1985-yilda astofiziklar tomonidan yulduzlararo chang spektrini tushuntirish vaqtida aniqlangan. Uglerod atomi yuqori simmetrik  $C_{60}$  molekulasini hosil qilishi mumkin. Bunday molekula 60 uglerod atomlaridan tuzilgan bo'lib ular o'zaro 1 nm diametrga teng sharda joylashgan va futbol koptogiga o'xshaydi. L. Eyler teoremasiga ko'ra uglerod atomlari 12 ta to'g'ri beshburchak va 20 ta noto'g'ri oltiburchaklar paydo qiladi. Uglerod molekulasini olti va besh burchakli uy qurgan arxitektor R.Filler sharafiga qo'yilgan. Dastlab fulleren kam miqdorda, 1990-yildan esa katta masshtabda ishlab chiqarish texnologiyasi yaratildi.

**Fulleritlar.**  $C_{60}$  molekulari o'z navbatida yoqlari markazlashgan kub panjaraga ega va yetarlicha kuchsiz molekulararo bog'lanishga ega fullerit kristallarini hosil qilishi mumkin. Bu kristallda oktaedrik va tetraedrik bo'shliqlar mavjud va ularda boshqa atomlar bo'lishi mumkin. Agar oktaedrik bo'shliq ishqoriy metallar ( $K$  (kaliy),  $Rb$  (rubidiy),  $Cs$  (sezii)) bilan to'ldirilsa xona haroratidan past haroratda bu moddalar strukturasini o'zgartiradi va yangi polimer material  $C_{60}$  paydo bo'ladi. Agar tetraedrik bo'shliq ham to'ldirilsa kritik 20–40 K haroratga ega yuqori o'tkazuvchan  $C_{60}$  material paydo bo'ladi. Yuqori o'tkazuvchan fulleritlarni Shtutgartda joylashgan Maks Plank nomidagi institutda o'rganiladi. Materiallarga noyob xossalarga beradigan boshqa qo'shimchali fulleritlar ham mavjud. Misol uchun  $C_{60}$ -etilen ferromagnit xossaga ega. Kimyo sohasida olib borilgan tinim-

siz mehnat, 1997-yilga kelib 9000 ga yaqin fulleren birikmalarining aniqlanishiga olib keldi.

**Uglerodli nanotrübka.** Ugleroddan juda kop atomi bo'lgan molekula olish mumkin. Uzunligi bir necha o'n mikron, diametri 1 nm bir qatlamli trubkada  $S \gg 1000\ 000$  atom bo'lishi mumkin. Trübka yuzasidagi to'g'ri oltiburchakning uchlarida uglerod atomlari joylashgan. Trübka oxiri 6 ta to'g'ri beshburchak bilan yopilgan.

Uch o'lchamli fazoda to'g'ri beshburchak, oltiburchak va yetti burchaklarni kombinatsiyalash orqali turli shakldagi uglerod sirtlarini olish mumkin. Bu nanoqurilmalar geometriyasi, ularning ajoyib fizik hamda kimyoviy xossalarini belgilaydi. Natijada yangi material va ularni ishlab chiqarish texnologiyalari bo'lishi imkonini beradi.

Molekular dinamika hisoblari va kvant modellari yordamida uglerod materiallari fizikaviy hamda kimyoviy xossalarini oldindan aytish mumkin.

Bir qatlamli trubkalar yaratish bilan bir qatorda ko'p qatlamli trubkalar yaratish imkoni mavjud. Nanotrübkalarni ishlab chiqarishda maxsus katalizatorlardan foydalaniladi. Yangi materiallarni afzalligi nimada? Uchta xossaga to'xtalamiz.

**Mustahkamligi yuqori materiallar.** Grafit listda uglerod atomlarining o'zaro bog'lanishi, ma'lumlariga nisbatan eng yuqori. Nuqsonsiz uglerodli trubkalar po'latdan ikki barobar mustahkam va to'rt marta yengil. Texnologiya oldida turgan vazifalar biri cheksiz uzunlikka ega bo'lgan uglerod nanotrübkalarni yaratishdir. Bunday trubkalardan yangi asr texnikasi uchun yuqori mustahkam va yengil kompozitlar tayyorlash mumkin. Masalan, ulardan qurilish va ko'priklar kuchlanish ta'siridagi elementlari, uchish qurilmalari tutib turuvchi konstruksiyalari, turbina elementlari, kam yoqilg'i sarflaydigan dvigatellar kuchli bloklari va b. ishlab chiqarish mumkin.

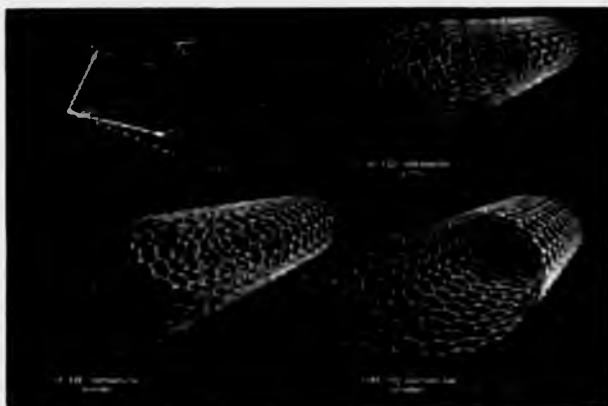
Hozirgi kunda diametri 10 nanometr bo'lgan 10 mikron uzunlikdagi nanotrübka yaratilgan (13.2-rasm).

**Yuqori elektr toki o'tkazuvchi materiallar.** Ma'lumki kristall grafitda bo'ylamasiga boshqa materiallarga nisbatan elektr o'tkazuvchanligi, aksincha yonlamasiga kichik. Shu sababli nanotrübkalardan yasalgan kabellar, xona haroratida tok o'tkazuvchanligi mis

kabellarga nisbatan 2 marta yuqori bo'lishi kutilyapti. Zarur miqdorda va uzunlikda trubkalar ishlab chiqarish imkoniyatini beruvchi texnologiyani yaratish zarur.

**Nanoklasterlar.** Ko'plab nanoobyektlar o'nlab, yuzlab, minglab atomlardan tashkil topgan juda kichik zarralarga kiradi. Klaster xossalari o'sha turdagi makroskopik hajmdagi material xossalaridan tubdan farq qiladi.

Nanoklasterlardan katta qurilish bloklari kabi aniq maqsadga yo'naltirilgan va oldindan xossalari boshqariladigan yangi turdagi materiallar yaratish mumkin. Misol sifatida gaz aralashmalarini ajratish va saqlashda katalitik reaksiyalardan foydalanamiz:  $Zn_4O(BDC)_3(DMF)_8(C_6H_5Cl)$ .



**13.2-rasm. Uglerod nanotrübikasi.**

O'tuvchi metallar lantanoid va aktinoid atomlaridan tashkil topgan magnit klasterlari katta qiziqish uyg'otadi. Bu klasterlar o'z magnit momentiga ega, bu esa tashqi magnit maydoni yordamida xossalari boshqarish imkoniyatini beradi. Bunga yuqori yelkali metallografik molekula misol bo'ladi:  $Mn_{12}O_{12}(C_6H_5COO)_{16}(H_2O)_4$ . Kvant kompyuterlari protsessorlarini loyihalashda nanomagnitlar katta ahamiyat kasb etadi. Bundan tashqari, kvant tizimi tadqiqoti bistabillik va gisterezis hodisasi aniqlandi. Agar molekularlar orasidagi masofa

10 nanometr ekanligini hisobga olsak, bu tizimda xotira zichligi har kvadrat santimetrda 10 gegabaytni tashkil etadi.

**Sinov savollari:**

1. Nano o'lchami nimaga teng?
2. Nano o'lchamli materiallar qanday olinadi?
3. Dispersli tizim nima?
4. Gel qanday tizim?
5. Zarrachalarni kvalifikatsiya qilish turlari?

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016.

2. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016.

3. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017.

4. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш буйича Ҳаракатлар стратегияси туғрисида. – Т.: 2017 йил 7 февраль, ПФ-4947-сонли Фармони.

5. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch. Materials science and engineering. -USA.: “Wiley and Sons”, 2014. – 896 p.

6. Carter C. Barry, Norton M. Grant. Ceramic Materials Science Engineering. Spinger, 2007.

7. Tim A. Osswald, Georg Menges. Material Science of Polymers for Engineers. Carl Hanser Verlag, Munich, 2012.595p.

8. Mikell P. Groover. Fundamentals of Modern Manufacturing. Inted in the United States of America, 2010.-1100p

9. Мирбобоев В.А.Конструкция материаллар технологияси. Дарслик – Т.: “O‘zbekiston”, 2004, 532 б.

10. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009.

11. Bijay\_Kumar Sharma.,Electrical and Electronic Materials Science./ – OpenStaxCNX./ Indiya – 2014.

12. T.K. Basak. Electrical engineering materials.New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009.

13. Каллистер У., Ретвич Д. Материаловедение от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) / Пер. с англ. под ред. Малкина А.Я. -СП.: Научные основы технологии, 2011, – 896 с.
14. Nurmurodov S.D., Rasulov A.H.,Bahadirov K.G. Materialshunoslik va konstruksion materiallar texnologiyasi. Darslik – T.: “Fan va texnologiyalar”, 2014, 228b.
15. Umarov E.O. Materialshunoslik. Darslik. –T.: “Cho‘lpon”, 2014, 380b
16. Norxo‘djayev F.R. Materialshunoslik. Darslik. – T.: “Fan va texnologiyalar”, 2014, 157b.
17. Umarov E.O. Materialshunoslik. O‘quv fanidan laboratoriya va amaliyot ishlari o‘quv qo‘llanmasi. – T.: “Iqtisod-Moliya”, 2015, 170 b
18. Адаскин А.М. Материаловедение. Учебник. – М.: “Машиностроение” 2006.
19. Колесов С.Н., Колесов И.С. Материаловедение и технология металлов. – М.: “Машиностроение” 2004.
20. Арзамасов Б.Н. Материаловедение. Учебник для ВУЗов. – М.: “Машиностроение” 2004.

# MUNDARIJA

<b>KIRISH</b> .....	3
---------------------	---

## **1-BOB. METALLARNING ICHKI TUZILISHI**

1.1 Metallarning atom-kristall tuzilishi.....	6
1.2 Qattiq jismlardagi bog`lanishlarning turlari.....	10
1.3 Haqiqiy kristallarning tuzilishi.....	15

## **2- BOB. METALLAR STRUKTURASI VA XOSSALARI**

2.1 Metallarni kristallik tuzilishi.....	19
2.2 Kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati .....	23
2.3 Birlamchi kristallanish jarayoni mexanizmi va qonuniyati .	26
2.4 Temirning kristallanishi .....	31
2.5 Materiallarning xossalari.....	33

## **3- BOB. FAZOVIIY DIAGRAMMALAR**

3.1 Ta`riflar va asosiy tushunchalar .....	45
3.2 Binar tizimlarining fazoviy diagrammalari.....	48
3.3 Temir-uglerod holat diagrammasi .....	51

## **4 -BOB. METALL QOTISHMALARI TURLARI**

4.1 Temir asosidagi qotishmalar .....	55
4.2 Po`latlar.....	58
4.3 Cho`yanlar.....	63

## **5- BOB. TERMIK ISHLASH ASOSLARI**

5.1 Termik ishlash nazariyasi.....	69
5.2 Bo`shatish va normallashtirish.....	70
5.3 Toblash va bo`shatish.....	71

## **6-BOB. MATERIALLAR TURI QO`LLANILISH SOHALARI**

6.1 Legirlangan po`latlarga legirolovchi elementlarning ta`siri... 76	76
6.2 Legirlangan po`latlar tasnifi.....	77
6.3 Asbobsozlik uglerodli po`latlari.....	79



6.4 Ligerlangan asbobsozlik po'latlari.....	81
6.5 Tezkesar po'latlar .....	82
6.6 Qattiq qotishmalar.....	83
6.7 Maxsus xossali po'latlar .....	85
6.8 Olovbardosh po'latlar .....	87
6.9 Issiqbardosh po'latlar.....	88

## **7- BOB. ALOHIDA XOSSALI PO'LATLAR**

7.1 Om qonuni .....	90
7.2 Metallarni elektr qarshiligi.....	91
7.3 Elektrotexnik po'lat.....	92
7.4 Sovuqqa chidamli materiallar .....	93
7.5 Radiatsiyaga chidamli (bardoshli) materiallar .....	98

## **8-BOB. RANGLI METALLAR VA ULARNING QOTISHMALARI**

8.1 Aluminiy va uning qotishmalari.....	101
8.2 Mis va uning qotishmalari .....	108
8.3 Titan va uning qotishmalari .....	114

## **9- BOB. NOMETALL MATERIALLAR VA ULARNING QO'LLANILISHI**

9.1 Shishalar.....	118
9.2 Keramik materiallar .....	125
9.3 Rezina va yog'och materiallar .....	131
9.4 Lok – bo'yoq va yelim materiallar.....	144
9.5 Polimer materiallar .....	151

## **10-BOB. DIELEKTRIKLAR, YARIMO'TKAZGICHLAR VA O'TKAZGICHLAR**

10.1 Dielektriklar .....	163
10.2 Yarimo'tkazgichlar.....	182
10.3 O'tkazgich materiallar.....	187

## **11- BOB. MAGNITLI MATERIALLAR**

11.1 Magnit materiallar haqida umumiy ma'lumotlar .....	193
11.2 Yumshoq magnit materiallar .....	201
11.3 Qattiq magnit materiallar .....	207
11.4 Magnitli materiallarning asosiy ko'rinishlari.....	210
11.5 Diamagnetizm va paramagnetizm.....	216

## **12- BOB. KOMPOZITSION MATERIALLAR**

12.1 Metall asosida kompozitsion materiallar.....	221
12.2 Polimerli kompozitsion materiallar.....	224
12.3 To'ldiruvchilar turlari va asosiy xossalari.....	228

## **13- BOB. NANOTEXNOLOGIYA ASOSIDA OLINGAN MATERIALLAR**

13.1 Nanotexnologiyalar haqida tushuncha.....	251
13.2 Nanotexnologiyalarni qo'llanilishi .....	253
13.3 Nanoo'lchamli materiallarni olish usullari .....	255

<b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR .....</b>	<b>269</b>
--	------------

## QAYDLAR UCHUN

**U.A. Ziyamuxamedova**

# **MATERIALSHUNOSLIK**

## **(Darslik)**

Muharrir: — I.T. Nishanbayeva  
Musahhih: — M.X. Mustafayeva  
Musavvir: — Z.F. Shoimov  
Kompyuterda  
sahifalovchi: — J.R. Azimov

Ноширлик фаолиятини бошлагани ҳақида ваколатли  
давлат органини хабардор қилгани туғрисида

**ТАСДИҚНОМА**

№ 3991

2020 йил 30 октябрда босишга рухсат этилди

Бичими 60x84, 1/16. Times New Roman гарнитураси.

Офсет босма. Шартли босма тобоғи 17,25, нашр  
босма тобоғи 17,5. Адади 100 нусхада. 18-сонли буюртма

“Shafolat nur fayz” МЧЖ босмахонасида чоп этилди.

Тошкент шаҳар, Олмазор тумани, Нодира-19

Телефон +99899 993-83-36

ISBN 978-9943-6740-4-2



9 789943 674042